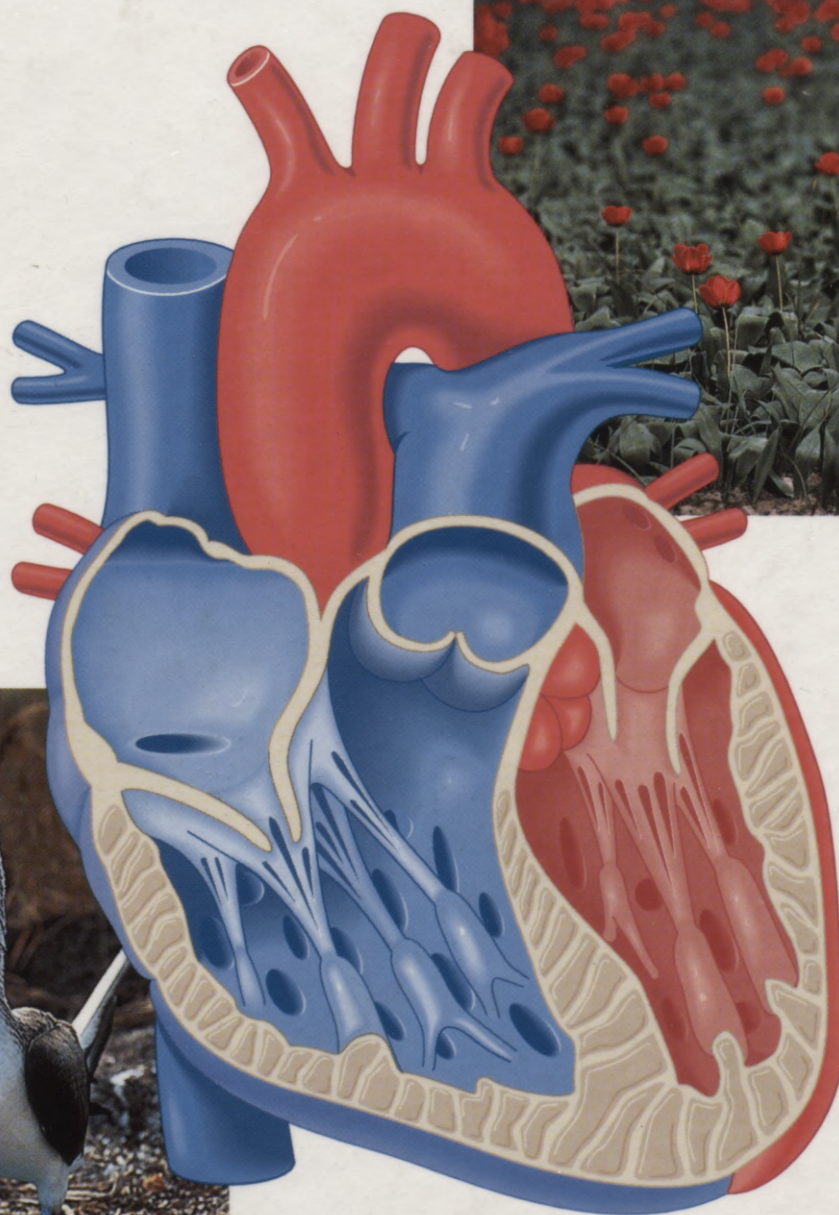


SILVIJA S. MADERA

BIOLOGIJA

3. DAĻA

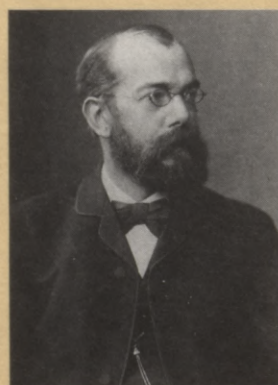


ZVAIGZNE ABC

Bioloģijas vēsture



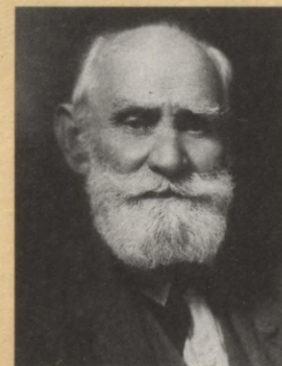
Luijs Pastērs



Roberts Kohs

Gads	Vārds, uzvārds	Valsts	Nopelni
1628	Viljams Hārvijs	Lielbritānija	Demonstrēja asins cirkulāciju un sirds kā sūkņa darbību
1665	Roberts Huks	Lielbritānija	Lietoja vārdu šūna, lai raksturotu korķa sastāvdaļas, ko saskatīja korķī zem mikroskopa
1668	Frančesko Redi	Itālija	Pierādīja, ka pūstošā gaļā nerodas mušu kāpuri, ja tai nepieklūst mušas
1672	Marčello Malpigi	Itālija	Mikroskopiskos pētījumos atklāja, ka kapilāri savieno artērijas ar vēnām
1828	Kārlis Bērs	Vācija	Izveidoja embrionālās attīstības teoriju
1838	Matias Šleidens	Vācija	Pierādīja, ka augi ir daudzšūnu organismi
1839	Teodors Švanns	Vācija	Paziņoja, ka dzīvnieki ir daudzšūnu organismi
1851	Klods Bernārs	Francija	Secināja, ka relatīvi nemainīga iekšējā vide ļauj organismiem izdzīvot mainīgos apstākļos
1858	Rūdolfs Virhofs	Vācija	Apgalvoja, ka jaunas šūnas veidojas no vecajām šūnām
1865	Luijs Pastērs	Francija	Noliedza baktēriju spontānas rašanās iespēju, pierādīja, ka infekcijas izraisa baktērijas, un izveidoja vakcīnas pret trakumsērgu un Sibīrijas mēri
1882	Roberts Kohs	Vācija	Izveidoja slimību dīgļu teoriju un radīja daudzas tehnoloģijas, ko lieto bakterioloģijā

Gads	Vārds, uzvārds	Valsts	Nopelni
1900	Valters Rīds	Amerikas Savienotās Valstis	Atklāja, ka dzeltenā drudža vīrusu pārnes odi
1900	Karls Landšteiners	Austrija	Atklāja AB0 asins grupas
1904	Ivans Pavlovs	Krievija	Pierādīja, ka nosacījuma refleksi ietekmē uzvedību, veicot eksperimentus ar suņiem
1922	Frederiks Bantings Čārlzs Bests	Kanāda	Izolēja insulīnu no aizkuņģa dziedzera
1924	Hanss Špēmanis Hilda Mangolde	Vācija	Veicot eksperimentus ar vārdes embrijiem, pierādīja, ka attīstības laikā notiek indukcija
1929	Aleksandrs Flemings	Lielbritānija	Atklāja pelējuma sēņu izdalīto indīgo vielu un nosauca to par penicilīnu
1954	Džonass Selks	Amerikas Savienotās Valstis	Izveidoja vakcīnu, kas aizsargā pret poliomiēlītu
1967	Kristjans Bārnards	Dienvidāfrika	Veica pirmo cilvēka sirds transplantāciju
1976	Džordžs Kolers Cezars Milšteins	Lielbritānija	Savienoja peles leikēmijas šūnas ar limfocītiem, izveidojot klonus, no kuriem katrs veido tikai viena tipa "monoklonās" antivielas
1982	Viljams De Vrīss	Amerikas Savienotās Valstis	Veica pirmo cilvēka sirds aizvietošanu ar mākslīgo sirdi Jūtas Universitātē
1997	Jans Vilmūts	Lielbritānija	Pirmo reizi klonēja pieaugušu zīdītāju



Ivans Pavlovs

L 2001-6
40

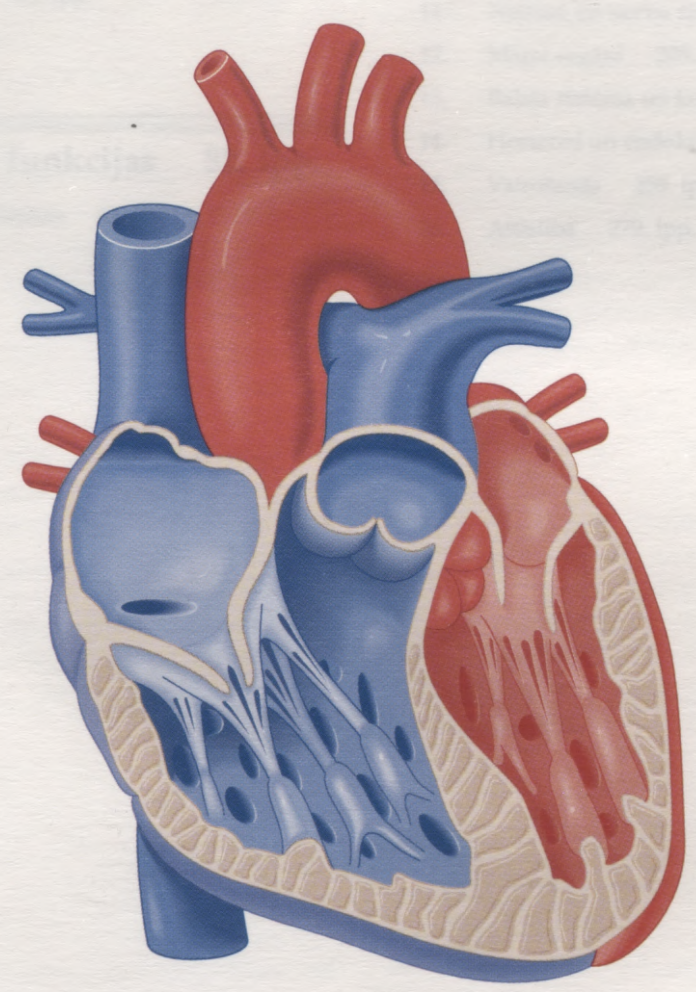
L

SILVIJA S. MADERA

BIOLOĢIJA

3. DAĻA

EKSPERIMENTĀLA MĀCĪBU GRĀMATA



 ZVAIGZNE ABC

Silvija S. Madera
BIOLOĢIJA
3. daļa
No angļu valodas tulkojums
Dr. Ināra U. Kondratoviča
M. Kuzins

ISBN 978-9987-0-1111-1
ISBN 978-9987-0-1111-1

Latvijas Nacionālā
BIBLIOTĒKA

0301022467

57 (075.3)
Ma 185

Copyright © 1998 by The Mc Graw-Hill Companies, Ync.
BIOLOGY, 6/E by Sylvia S. Mader

Silvija S. Madera
BIOLOĢIJA
3. daļa

No angļu valodas tulkojuši:
Dr. biol. U. Kondratovičs,
M. Kusiņa

Visas šīs darba tiesības ir aizsargātas. Izdevumu
reproducēt, kopēt vai citādi pavairot aizliegts
bez apgāda rakstiskas atļaujas.

© Tulkojums latviešu valodā, Apgāds Zvaigzne ABC

ISBN 0-697-34079-1 (angļu izd.)
ISBN 9984-17-641-X (latviešu izd.)



Saturs (īsumā)

I DAĻA

Augu uzbūve un funkcijas 2. lpp.

1. Augu uzbūve 3. lpp.
2. Augu minerālā barošanās un transporta sistēmas 25. lpp.
3. Augu augšana un attīstība 41. lpp.
4. Augu vairošanās 59. lpp.

II DAĻA

Dzīvnieku uzbūve un funkcijas 82. lpp.

5. Dzīvnieku uzbūve un homeostāze 83. lpp.

6. Asinsrite 99. lpp.
7. Limfātiskā sistēma un imunitāte 121. lpp.
8. Barība un tās sagremošana 139. lpp.
9. Elpošana 155. lpp.
10. Osmotiskā spiediena regulācija un vielu izvadīšana 169. lpp.
11. Neironi un nervu sistēma 183. lpp.
12. Maņu orgāni 205. lpp.
13. Balsta sistēma un kustības 221. lpp.
14. Hormoni un endokrīnā sistēma 239. lpp.
15. Vairošanās 259. lpp.
16. Attīstība 279. lpp.

I D A Ļ A

Augu uzbūve un funkcijas 2. lpp.

1. n o d a ļ a

Augu uzbūve 3. lpp.

1.1. Augu orgāni 4. lpp.

Saknes nostiprina augu substrātā 4. lpp.

Stumbrs veic balsta funkciju 5. lpp.

Lapās notiek fotosintēze 5. lpp.

1.2. Viendīgļlapji un divdīgļlapji 6. lpp.

1.3. Audi – augu orgānu veidotāji 7. lpp.

Segaudi – aizsargātāji 7. lpp.

Pamataudi – telpas aizpildītāji 8. lpp.

Vadaudi – vielu transportētāji 8. lpp.

1.4. Sakņu uzbūve 10. lpp.

Divdīgļlapju saknes audi 11. lpp.

Viendīgļlapju saknes audi 11. lpp.

Dažādu veidu saknes 12. lpp.

► Uzziniet tuvāk. Ko vēsta koka gadskārtas 13. lpp.

1.5. Stumbra uzbūve 14. lpp.

Lakstaugu stumbri nav koksnaini 14. lpp.

Stumbru pārkoksnešanās 16. lpp.

Stumbru daudzveidība 18. lpp.

► Uzziniet tuvāk. Papīra iegūšana no augiem 19. lpp.

1.6. Lapu uzbūve 20. lpp.

Lapu dažādība 20. lpp.

2. n o d a ļ a

Augu minerālā barošanās un transporta sistēmas 25. lpp.

2.1. Augiem nepieciešamās minerālvielas 26. lpp.

Kas nosaka minerālvielu nepieciešamību? 26. lpp.

Kas nosaka augu spēju uzņemt minerālvielas? 26. lpp.

Minerālvielu uzņemšana un pārvietošanās augā 28. lpp.

2.2. Ūdens pārvietošanās augā 30. lpp.

Kritiskais ūdens potenciāls 31. lpp.

Ūdens pārvietošanās pa koksni 32. lpp.

Transports uz lapām 33. lpp.

Atvārsnišu atvēršanās un aizvēršanās 34. lpp.

► Uzziniet tuvāk. Cīņa par resursiem un bioloģiskā daudzveidība 35. lpp.

2.3. Organisko vielu transports augā 36. lpp.

Organisko vielu pārvietošanās pa lūksni 36. lpp.

Transports pa lūksnes vadaudiem pozitīva spiediena ietekmē 36. lpp.

3. n o d a ļ a

Augu augšana un attīstība 41. lpp.

3.1. Augu atbildes reakcija uz kairinājumu 42. lpp.

Augu atbildes reakcija notiek augot 42. lpp.

Augu atbildes reakcija uz turgora spiediena maiņu 44. lpp.

3.2. Fitohormoni – augu atbildes reakciju izraisītāji 46. lpp.

Auksīns un tā daudzpusīgā darbība 46. lpp.

Giberelīni un stumbra stiepšanās 48. lpp.

► Uzziniet tuvāk. Dzīvesbiedri pēta signālu pārveidošanas sistēmas augos 49. lpp.

► Uzziniet tuvāk. Augu augšanas regulatori 50. lpp.

Citokinīni un šūnas dališanās 51. lpp.

► Uzziniet tuvāk. Tāla sīkplikstiņš (*Arabidopsis thaliana*) – vērtīga nezāle 52. lpp.

Inhibējošie fitohormoni 53. lpp.

3.3. Sezonālās pārmaiņas nosaka gaismas periods 54. lpp.

Fitohroms un augu ziedēšana 54. lpp.

Citas fitohroma funkcijas 55. lpp.

4. n o d a ļ a

Augu vairošanās 59. lpp.

4.1. Paaudžu maiņa ziedaugiem 60. lpp.

Zieds ir sporofīta sastāvdaļa 60. lpp.

Gametofīti ir nošķirti 63. lpp.

► Uzziniet tuvāk. Augi un to apputeksnētāji 64. lpp.

Apputeksnešanās pirms apaugļošanās 66. lpp.

4.2. Dīgļa attīstības stadijas 67. lpp.

4.3. Sēklas atrodas auglī 68. lpp.

Augļu daudzveidība 68. lpp.

Sēklu izplatīšanās un dīgšana 70. lpp.

► Uzziniet tuvāk. Augu ekonomiskā nozīme 72. lpp.

- 4.4. **Augu bezdzimumvairošanās** 74. lpp.
 Augu pavairošana ar audu kultūrām 74. lpp.
 Augu ģēnu inženierija 76. lpp.
 Ieteicamā papildliteratūra I daļai 81. lpp.

III

DAĻA

Dzīvnieku uzbūve un funkcijas 82. lpp.

5. nodaļa

Dzīvnieku uzbūve un homeostāze 83. lpp.

- 5.1. **Dzīvniekiem ir noteikta uzbūve** 84. lpp.
 Epitēlijaudi pārklāj ķermeni un izklāj dobumus 84. lpp.
 Saistaudi saista savā starpā dažādus audus 86. lpp.
 Muskuļaudi spēj kontrahēties 88. lpp.
 Nervaudi vada impulsus 89. lpp.
- 5.2. **Orgāniem ir noteikta uzbūve un funkcijas** 90. lpp.
 Cilvēka āda ir orgāns 90. lpp.
 Ādai ir kārtas 91. lpp.
 Orgāni veido orgānu sistēmas 92. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. Kā rodas ādas vēzis** 93. lpp.
- 5.3. **Homeostāze ir nepieciešama** 94. lpp.
 Kā tiek regulēta ķermeņa temperatūra 95. lpp.

6. nodaļa

Asinsrite 99. lpp.

- 6.1. **Vielu pārvietošanās bezmugurkaulniekos** 100. lpp.
 Bezmugurkaulnieki, kuriem ir dobums 100. lpp.
 Valēja un slēgta asinsrites sistēma 100. lpp.
- 6.2. **Vielu pārvietošanās mugurkaulniekos** 102. lpp.
 Asinsrites loku salīdzinājums 103. lpp.
- 6.3. **Cilvēka asinsrites sistēma** 104. lpp.
 Sirds – asiņu sūkņi 104. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. Kā Viljams Hārvijs atklāja asinsrites sistēmu** 106. lpp.
 Asinsvadi pārvada asinis 108. lpp.
 Kā pazeminās asinsspiediens 109. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. Kā izsargāties no sirds un asinsvadu slimībām** 110. lpp.
- 6.4. **Sirds un asinsvadu slimības** 110. lpp.
 Hipertoniya var izraisīt nāvi 110. lpp.
 Ateroskleroze un tauku nogulsnes artērijās 110. lpp.
 Sirdslēkme un sirdstrieka 111. lpp.
- 6.5. **Asinis – vielu transportētājas** 113. lpp.
 Formelementu daudzveidība 113. lpp.
 Apmaina starp asinīm un audiem 115. lpp.
 Asins grupu noteikšana 116. lpp.

7. nodaļa

Limfātiskā sistēma un imunitāte 121. lpp.

- 7.1. **Limfātiskās sistēmas palīdzība asinsrites sistēmai** 122. lpp.
 Limfātiskā sistēma vada vienā virzienā 122. lpp.
 Limfoidie orgāni palīdz radīt imunitāti 123. lpp.
- 7.2. **Nespecifiskā imunitāte** 124. lpp.
 Aizsargbarjeras 124. lpp.
 Iekaisuma reakcija 124. lpp.
 Aizsargproteīni 126. lpp.
- 7.3. **Specifiskā imunitāte** 126. lpp.
 B-limfocīti – plazmas šūnu un atmiņas šūnu veidotāji 127. lpp.
 Kā darbojas antivielas 128. lpp.
 Antivielu dažādība 128. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. Susumu Tonegava un antivielu daudzveidība** 129. lpp.
 T-limfocītu daudzveidība 130. lpp.
 T-galētājšūnu un T-līdzētājšūnu aktivācija 131. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. AIDS epidēmija** 132. lpp.
- 7.4. **Mākslīgās imunitātes radīšana** 133. lpp.
 Aktīvā imunitāte – ilgstoša imunitāte 133. lpp.
 Pasīvā imunitāte – īslaicīga imunitāte 134. lpp.
 Citokinīni palīdz baltajām asins šūnām 134. lpp.
 Specifiskās monoklonās antivielas 135. lpp.
- 7.5. **Imunitātes blakusefekti** 135. lpp.
 Alerģija – imūnsistēmas pārāk aktīvas darbības rezultāts 135. lpp.
 Autoimūnās slimības 136. lpp.
 Audu atgrūšana 136. lpp.

8. nodaļa

Barība un tās sagremošana 139. lpp.

- 8.1. **Gremošanas traktu salīdzinājums** 140. lpp.
 Pilnīgs un nepilnīgs gremošanas trakts 140. lpp.
 Nepārtraukta un pārtraukta barošanās 141. lpp.
 Zobu un gremošanas trakta uzbūves atbilstība barības veidam 142. lpp.
- 8.2. **Cilvēka gremošanas orgānu sistēma** 143. lpp.
 Gremošana mutes dobumā 143. lpp.
 Barības vads 144. lpp.
 Kuņģis 144. lpp.
 Tievā zarna – barības vielu absorbētāja 146. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. Gremošanas sulu izdalīšanās mehānisms** 148. lpp.
 Gremošanas palīgorgāni 148. lpp.
 Resnā zarna 149. lpp.
- 8.3. **Uztura ietekme uz veselību** 150. lpp.
 Vitamīni ietekmē vielmaiņu 150. lpp.
 Sāļi – šūnu uzbūves un funkciju nodrošinātāji 151. lpp.

9. nodaļa

Elpošana 155. lpp.

- 9.1. **Gāzu maiņa dzīvniekos** 156. lpp.
Elpošana ūdenī 156. lpp.
Elpošana uz sauszemes 158. lpp.
- 9.2. **Gāzu maiņa cilvēka organismā** 160. lpp.
Ielpa un izelpa 161. lpp.
Gāzu maiņa un transports 163. lpp.
- 9.3. **Elpošanas orgānu sistēmas higiēna** 164. lpp.
Inficēšanās 164. lpp.
Plaušu slimības 164. lpp.

10. nodaļa

Osmotiskā spiediena regulācija un vielu izvadīšana 169. lpp.

- 10.1. **Osmotiskā spiediena regulācija** 170. lpp.
Ūdensdzīvnieki 170. lpp.
Sauszemes dzīvnieki 171. lpp.
- 10.2. **Slāpekli saturošie atkritumprodukti** 172. lpp.
- 10.3. **Izvadorgāni** 173. lpp.
Planārijas izvadšūnas 173. lpp.
Sliēkas izvadnefrīdiji 173. lpp.
Kukaiņu Malpīģija vadi 173. lpp.
- 10.4. **Cilvēka izvadorgānu sistēma** 174. lpp.
Nieres uzbūve 174. lpp.
Urīna veidošanās 176. lpp.
Koncentrēta urīna veidošanās 178. lpp.

11. nodaļa

Neironi un nervu sistēma 183. lpp.

- 11.1. **Nervaudi** 184. lpp.
Neironi 184. lpp.
- **Uzziniet tuvāk. Alcheimera slimības un parkinsonisma ārstēšana** 185. lpp.
Nervu impulsu pārvadīšana 186. lpp.
Pārvade sinapsēs 188. lpp.
- 11.2. **Nervu sistēmas attīstība** 189. lpp.
Bezmugurkaulnieku nervu sistēma 189. lpp.
Mugurkaulnieku nervu sistēma 190. lpp.
Cilvēka nervu sistēma 190. lpp.
- 11.3. **Perifērās nervu sistēmas nervi** 191. lpp.
Galvas un muguras nervi 192. lpp.
Somatiskā nervu sistēma 193. lpp.
Autonomā (veģetatīvā) nervu sistēma 195. lpp.
- 11.4. **Centrālā nervu sistēma – galvas un muguras smadzenes** 195. lpp.
Muguras smadzeņu darbība 196. lpp.
Galvas smadzeņu darbība 196. lpp.
- **Uzziniet tuvāk. Piecas narkotiskās vielas** 200. lpp.

12. nodaļa

Maņu orgāni 205. lpp.

- 12.1. **Vielu sajušana** 206. lpp.
Sagaršošana ar garšas pumpuriem 206. lpp.
Saošana ar degunu 207. lpp.
- 12.2. **Gaismas sajušana** 208. lpp.
Redze, ko nodrošina acis 209. lpp.
- **Uzziniet tuvāk. Redzes un dzirdes aizsardzība** 213. lpp.
- 12.3. **Mehānisko kairinātāju sajušana** 214. lpp.
Cilvēka auss uzbūve 214. lpp.

13. nodaļa

Balsta sistēma un kustības 221. lpp.

- 13.1. **Skeletu salīdzinājums** 222. lpp.
Ar ūdeni pildīts dobums 222. lpp.
Ārējais un iekšējais skelets 223. lpp.
- 13.2. **Cilvēka skelets** 225. lpp.
Kaulu uzbūve 225. lpp.
Kauli veido skeletu 226. lpp.
Kaulu savienojumi 229. lpp.
- **Uzziniet tuvāk. Kā izvairīties no osteoporozes** 230. lpp.
- 13.3. **Muskuļu darbība** 231. lpp.
Makroskopiskais līmenis 231. lpp.
Mikroskopiskais līmenis 233. lpp.
Nervu–muskuļu savienojums 234. lpp.
Kontrakcija 235. lpp.

14. nodaļa

Hormoni un endokrīnā sistēma 239. lpp.

- 14.1. **Hormoni – šūnas vielmaiņas ietekmētāji** 240. lpp.
Steroīdie hormoni aktivē DNS 240. lpp.
Nesteroīdie hormoni aktivē enzīmus 240. lpp.
- 14.2. **Cilvēka endokrīnā sistēma** 243. lpp.
Hipotalāms regulē hipofizi 244. lpp.
Vairogdziedzeris ietekmē vielmaiņas intensitāti 246. lpp.
Epitēlijķermenīši regulē kalcija daudzumu 247. lpp.
Virsnieru dziedzeri 248. lpp.
- **Uzziniet tuvāk. Insulīna izolešana** 250. lpp.
Divi aizkuņģa dziedzerā izdalītie hormoni 251. lpp.
- **Uzziniet tuvāk. Kukaiņu augšanas hormoni** 252. lpp.
Viriešu sēklinieki un sievietes olnīcas 253. lpp.
Aizkrūtes dziedzeru aktivitāte 254. lpp.
Epifīze un diennakts/gada ritmi 254. lpp.
- 14.3. **Vides signāli** 254. lpp.
Hormona jēdziens 255. lpp.

15. nodaļa

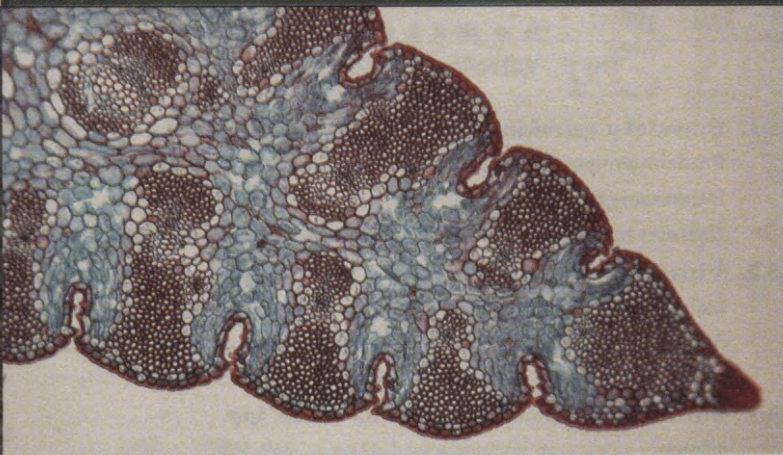
Vairošanās 259. lpp.

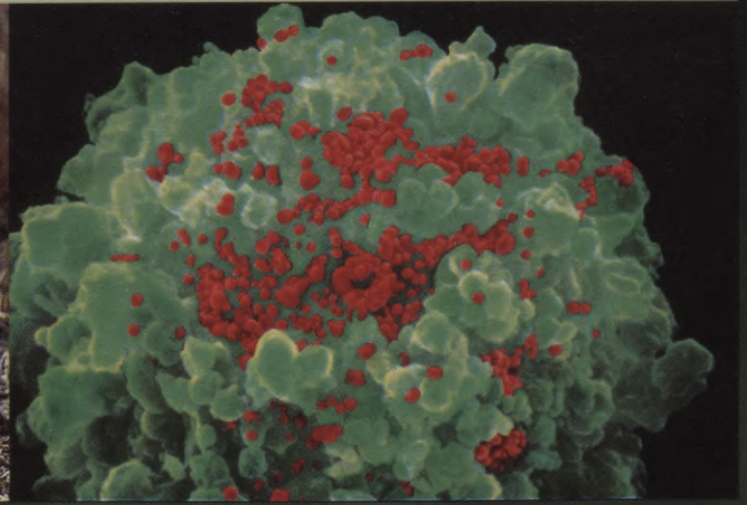
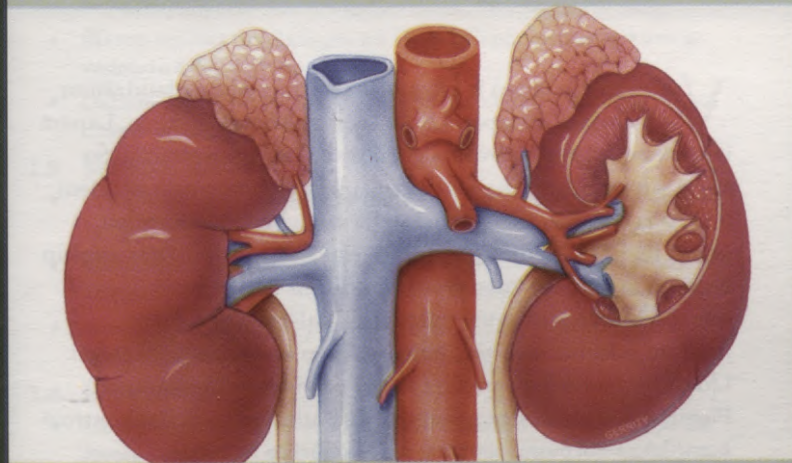
- 15.1. Dzīvnieku vairošanās 260. lpp.**
 Bezdzimumvairošanās un dzimumvairošanās 260. lpp.
 Dzimumorgāni 260. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. Ziditāju klonēšana 263. lpp.**
- 15.2. Vīrieša dzimumorgānu sistēma 264. lpp.**
 Ejakulācija 265. lpp.
 Sēklinieki – spermatozoīdu un hormonu ražotāji 267. lpp.
 Vīrieša hormonālā regulācija 267. lpp.
- 15.3. Sievietes dzimumorgānu sistēma 268. lpp.**
 Olnīcas – oocītu un hormonu veidotājas 269. lpp.
 Pēc apaugļošanās 272. lpp.
 Estrogēni un progesterons – sievišķie dzimumhormoni 272. lpp.
- 15.4. Cilvēka vairošanās iespējas 272. lpp.**
 Dzimstības regulācijas metodes 272. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. Seksuāli transmisīvās slimības 274. lpp.**

16. nodaļa

Attīstība 279. lpp.

- 16.1. Attīstības stadijas 280. lpp.**
 Agrās attīstības stadijas 280. lpp.
 Nervu sistēma veidojas neirolācijas procesā 283. lpp.
- 16.2. Šūnu specializācija un embrija formas veidošanās 284. lpp.**
 Kā notiek šūnu specializācija 284. lpp.
 Kā notiek morfoģenēze 285. lpp.
- ▶ **Uzziniet tuvāk. Šūnu kustība gļotainā pelējuma plēksnē 286. lpp.**
- 16.3. Cilvēks vispirms ir embrijs, pēc tam – auglis 288. lpp.**
 Cilvēka embrijs neizskatās pēc cilvēka 289. lpp.
 Placenta nodrošina ar visu nepieciešamo 292. lpp.
 Auglis izskatās pēc cilvēka 293. lpp.
 Trīs dzemdību stadijas 293. lpp.
 Ieteicamā literatūra II daļai 297. lpp.





I D A L A

Augu uzbūve un funkcijas

1. Augu uzbūve
2. Augu minerālā barošanās un transporta sistēmas
3. Augu augšana un attīstība
4. Augu vairošanās

Vairums ziedaugu ir fotosintezējoši sauszemes daudzšūnu organismi. To lapas uztver saules gaismas enerģiju. Lapām ir atvārsnītes, kas nodrošina gāzu maiņu un transpirāciju. Šo augu saknes nostiprina tos augsnē un uzņem no augsnes ūdeni un tajā izšķīdušās minerālvielas. Pa augu vadaudu sistēmu ūdens un tajā izšķīdušās minerālvielas tiek transportētas augšup uz augu lapām, un fotosintēzes produktu šķīdumi tiek transportēti no lapām uz visām auga daļām. Augu šūnas izmanto cukurus visu tām nepieciešamo savienojumu sintēzei. Līdzīgi dzīvniekiem, arī augi atbild uz vides kairinājumiem. Piemēram, tie tiecas uz gaismu. Augu atbildes reakcijas kontrolē kompleksa hormonu sistēma, nosakot arī to fizioloģiju. Atšķirībā no dzīvniekiem vairums augu aug visu dzīves laiku un visu savu dzīves laiku ir spējīgi arī vairoties. Koki dzīvo pat ilgāk nekā dzīvnieki. Daži no tiem vairākus tūkstošus gadu.

Ziedaugu pielāgošanos dzīvei uz sauszemes īpaši labi raksturo to vairošanās process, jo gan dzimumšūnas, gan zigotas, gan arī dīgļi ir pasargāti no izžūšanas. Kaut arī vairums augu nav spējīgi pārvietoties, tiem tomēr ir īpaši pielāgojumi dzimumšūnu, sēkļu un augļu izplatīšanai ar vēja, dzīvnieku un citu aģentu palīdzību.

Augu uzbūve

1.

NODAĻA

Nodaļas saturs

1.1. Augu orgāni

- Saknes augus nostiprina augsnē, stumbri – balsta, bet lapas nodrošina fotosintēzi. 4. lpp.

1.2. Viendīgļlapji un divdīgļlapji

- Ziedaugus iedala divās klasēs – viendīgļlapjos un divdīgļlapjos. 6. lpp.

1.3. Audi – augu orgānu veidotāji

- Trīs galvenās augu audu grupas ir segaudi, kas augus aizsargā, vadaudi, pa kuriem augos tiek transportēts ūdens ar tajā izšķīdušajām vielām, kā arī pamataudi, kas aizpilda telpu starp specializētajiem audiem. 7. lpp.

1.4. Sakņu uzbūve

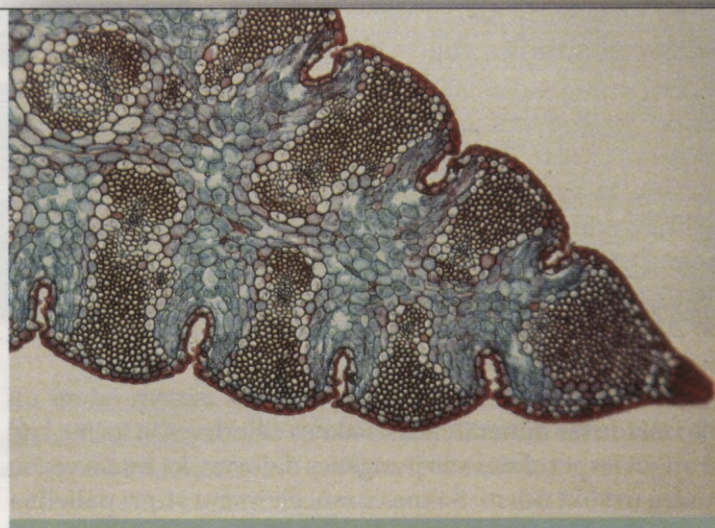
- Gargriezumā saknei izšķir dališanās, stiepšanās un uzsūcējzonu. 10. lpp.
- Šķērsgriezumā divdīgļlapju un viendīgļlapju saknes atšķiras ar vadaudu sakārtojumu. 11. lpp.
- Dažiem augiem ir raksturīga mietsakne, citiem – bārkšsakne, bet citiem – piesaknes. 12. lpp.

1.5. Stumbra uzbūve

- Visi stumbri aug garumā, bet kokaugu stumbri aug arī resumā. 14. lpp.
- Šķērsgriezumā divdīgļlapju un viendīgļlapju lakstaugu stumbri atšķiras ar vadaudu sakārtojumu. 14. lpp.
- Stumbriem ir dažādas pārveidnes, un dažkārt augiem ir horizontāli virszemes vai arī pazemes stumbri. 18. lpp.

1.6. Lapu uzbūve

- Lielāko lapas daļu veido šūnas, kas ir iesaistītas gāzu maiņā un fotosintēzē. 20. lpp.
- Lapām ir dažādas pārveidnes – tajās var uzkrāties ūdens un barības vielas, tās var veikt arī tvērējfunkcijas. 20. lpp.



Spāņu jukas (*Yucca glauca*) lapa

Zemi klāj pārsteidzošs augu daudzums, turklāt vairāk nekā 80 % visu dzīvo augu ir ziedaugi jeb segsēkļi. Tādēļ lielākā daļa stāstījuma par augu uzbūvi un funkcijām attiecas tieši uz ziedaugiem. Ziedaugu uzbūve ir cieši saistīta ar to spēju fotosintezēt. Vairumam augu lapu ir raksturīga forma, kas veicina saules gaismas absorbciju. Stumbri parasti novietojusies vertikāli, un pa tiem ūdens ar tajā izšķīdušajām organiskajām vielām pārvietojas uz šo vielu patēriņa un uzkrāšanās vietām. Sazarotā sakņu sistēma savukārt nodrošina ūdens un minerālvielu uzņemšanu. Tātad ziedaugi ir sarežģīti organismi, kuru orgāniem raksturīga specifiska uzbūve un funkcijas.

Zināšanām par augu ir plašs pielietojums. Lai savos dārzos izaudzētu veselīgus un skaistus augus, mums jāzina to uzbūve un funkcionēšanas īpatnības. No augiem mēs iegūstam daudzas praktiski izmantojamas šķiedras, koksni izmantojam celtniecībā, daudzus augu sintezētos savienojumus – medicīnā, un visbeidzot jāatceras, ka augu izdalītais skābeklis mums, heterotrofajiem organismiem, ir nepieciešams elpošanai.

1.1. Augu orgāni

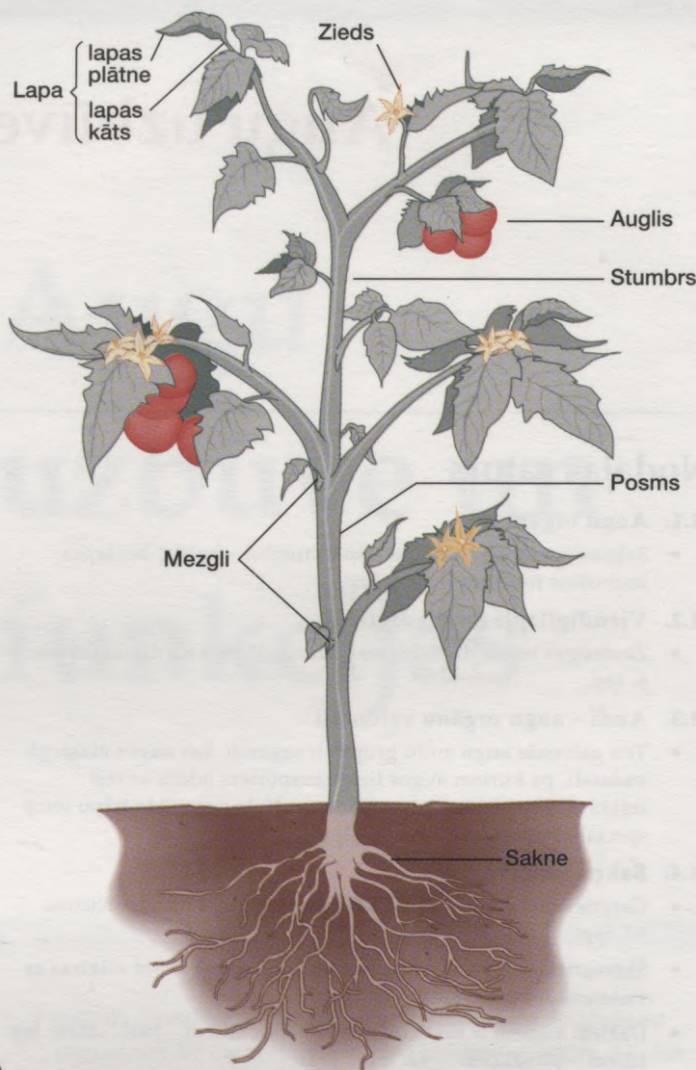
Ziedaugiem raksturīga milzīga daudzveidība, jo tie pielāgojušies dzīvei ļoti dažādos apstākļos. Ziedaugi dzīvo arī ūdenī. Neatkarīgi no to izmēru un formu lielās daudzveidības ziedaugiem parasti ir trīs veģetatīvie orgāni. Katru orgānu veido dažādi audi, un tas veic vienu vai vairākas specifiskas funkcijas. Ziedaugu veģetatīvie orgāni – sakne, stumbrs un lapa (1.1. att.) nodrošina tā augšanu un attīstību. Zieds, kurš veic generatīvās vairošanās jeb dzimumvairošanās funkciju, savukārt sastāv no dažādām citām daļām.

Saknes nostiprina augu substrātā

Parasti, runājot par sakni, ar to saprot sakņu sistēmu. Par **sakņu sistēmu** sauc auga galveno sakni kopā ar visām sānsaknēm (1.2. att. A). Sakņu sistēma izmēru ziņā parasti ir vienāda ar **vasu** (auga virszemes daļu). Ābelei ir daudz lielāka sakņu sistēma nekā kukurūzai. Kukurūzas sakņu sistēma sniedzas 2,5 metru dziļumā un izplešas 1,5 m diametrā, savukārt dažiem tuksneša augiem saknes var sasniegt par 20 m dziļumu. Auga plašā sakņu sistēma augu nostiprina augsnei un balsta to.

Ar sakņu sistēmu augs no augsnes uzņem ūdeni un tajā izšķīdušās minerālvielas. Saknes cilindruveida forma ļauj tai augot iespraukties starp augsnes daļiņām, kā arī no visām pusēm uzsūkt ūdeni. Saknes uzsūcējvirsmu stipri palielina spurgaliņas – saknes segaudu viensūnas izaugumi, kas ir pielāgojušies ūdens uzsūkšanai. Spurgaliņas ir izveidojušās saknes uzsūcējzonā netālu no saknes galotnes. Spurgaliņu skaits ir tik liels, ka tās daudzkārt palielina saknes uzsūcējvirsmu. Ir aprēķināts, ka vienam rudzu augam spurgaliņu skaits ir aptuveni 14 miljardi un to kopējais garums – 10 626 kilometri. Spurgaliņas nepārtraukti nomainās. Vienam un tam pašam rudzu augam katru dienu atmirst un veidojas no jauna apmēram 100 miljoni spurgaliņu. Spurgaliņu lielo nozīmi pierāda fakts, ka, augu pārstādot, tā ūdens uzņemšana īslaicīgi tiek kavēta, jo ir aprautas spurgaliņas. Pārstādot augu, jācenšas ņemt saknes kopā ar augsni, lai netraumētu spurgaliņas.

Saknēm ir arī citas funkcijas. Tajās sintezējas fitohormoni, kas stimulē dzinumumu augšanu un koordinē to izmērus ar sakņu sistēmas izmēriem. Auga augšanai un attīstībai ir svarīgas savstarpēji saskaņotas saknes un virszemes daļu proporcijas. Arī daudzgadīgie lakstaugi – **ziemcietes**, kuru virszemes daļas veģetācijas perioda beigās iet bojā, saknēs uzkrāj fotosintēzes produktus, lai nākamajā gadā atsāktu augt. Šādā veidā aug, piemēram, burkāni un bietes.



A



B

1.1. attēls. Auga organisma uzbūve

Saknes, stumbrs un lapas ir veģetatīvie orgāni. Ziedi un augļi ir dzimumvairošanās orgāni. **A.** Tomāta (tipiska divdīgļlapja) uzbūve. **B.** Sīpola (viendīgļlapja) attēls.



A



B



C

1.2. attēls. Tomāta (*Lycopersicon*) veģetatīvie orgāni

- A.** Sakņu sistēma nostiprina augu augsnē un uzņem ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām.
B. Pie stumbra ir piestiprinātas lapas, un pa to tiek transportēts ūdens ar tajā izšķīdušajām vielām.
C. Lapā, kas parasti ir plata un plāna, notiek fotosintēze.

Stumbrs veic balsta funkciju

Auga virszemes daļu veido stumbri un lapas. Stumbrs ir auga virszemes daļas galvenā ass, no kura atzarojas sānu dzinumi (1.2. att. B). Ziedaugu stumbra galā atrodas audi, ar kuriem stumbri aug garumā. Uz vertikāli augošajiem stumbriem lapas ir sakārtotas tā, lai tās pēc iespējas efektīvāk uztvertu saules gaismu. Par **mezglu** sauc stumbra vietu, pie kuras piestiprinās lapas, bet stumbra daļu starp diviem mezgliem sauc par **posmu**. Mezglus un posmus izmanto stumbra morfoloģiskai noteikšanai pat tad, ja tie ir pazemes stumbri. Daži augi ar šādiem pazemes stumbriem veģetatīvi vairojas.

Stumbros ir sakārtoti vadaudi, pa kuriem no saknēm augšup tiek transportēts ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām, bet no lapām visos virzienos – ūdeni izšķīdušās organiskās vielas. Stumbra cilindruveida forma ir cieši saistīta ar šīm stumbra funkcijām, un dažkārt šūnas, pa kurām tiek transportētas vielas, ir nedzīvas. Nedzīvas šūnas ir labāk pielāgotas šķīdumu tālajam transportam. Koki ar katru gadu pieaug resnumā, jo to stumbros uzkrājas arvien jaunas koknes vadaudu kārtas.

Stumbriem ir arī citas funkcijas. Dažkārt tie ir pielāgojušies vielu uzkrāšanai. Kaktusu stumbri veic ūdens uzkrāšanas funkcijas, savukārt kartupeļu pazemes stumbros uzkrājas rezerves ciete.

Lapās notiek fotosintēze

Lapa ir tā auga daļa, kurā parasti notiek fotosintēze – process, kura norisei nepieciešams ūdens, oglekļa dioksīds un saules gaisma (1.2. att. C). Sakņu sistēmas uzsūktais ūdens pa stumbri nokļūst līdz lapām. Patiesībā, kā tiks paskaidrots nākamajā nodaļā, stumbri un lapas funkcionē vienoti, lai ūdens no saknēm paceltos augšup.

Lapas atšķirībā no stumbra ir platas un plānas. Šāda lapu plātnes forma ir izveidojusies sakarā ar tās galvenajām funkcijām – oglekļa dioksīda absorbēšanu un saules gaismas uztveršanu. Atšķirībā no kokaugu stumbriem lapas gandrīz nekad nav pārkoksnējušās. Vairums to šūnu ir dzīvas, un lapas plātne satur audus, kas ir specializējušies fotosintēzes veikšanai.

Lapas platāko daļu sauc par **lapas plātņi**, bet **lapas kāts** ir lapas tievā daļa, ar kuru lapas plātne piestiprinās pie stumbra. Šauro leņķi starp lapas kātu un stumbri sauc par **lapas žākli**, un tajā attīstās **žākles pumpurs** jeb **sānpumpurs**, no kura var veidoties sānu dzinums vai zieds. Ir lapas, kuras veic citas funkcijas, piemēram, aizsargā pumpuru, veic tvērējfunkciju vai arī uzkrājējfunkciju. Dažkārt ar lapām augi notver kukaiņus.

Ziedaugiem ir trīs veģetatīvie orgāni: sakne uzņem ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām, stumbrs veic balsta funkciju, bet lapās notiek fotosintēze.



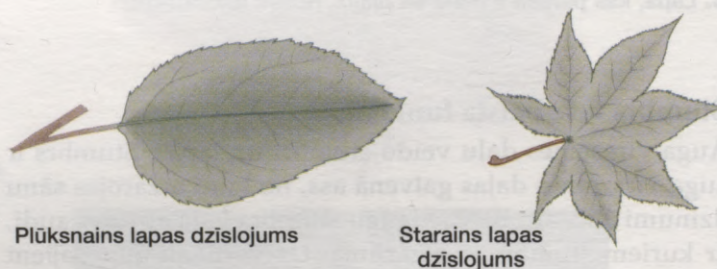
1.3. attēls. Ziedaugus iedala viendīgļlapjos un divdīgļlapjos

Dotajā attēlā atšķirības starp viendīgļlapjiem un divdīgļlapjiem uzskatāmi demonstrē piecas pazīmes: dīgļlapu skaits, vadaudu sakārtojums saknēs, stumbros un lapās un zieda daļu skaits.

1.2. Viendīgļlapji un divdīgļlapji

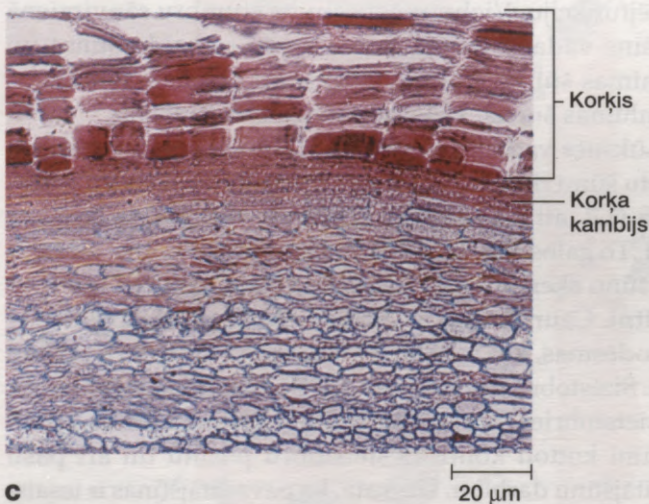
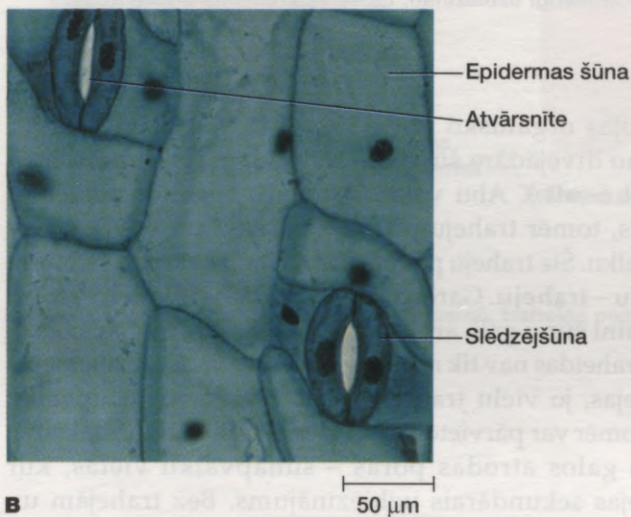
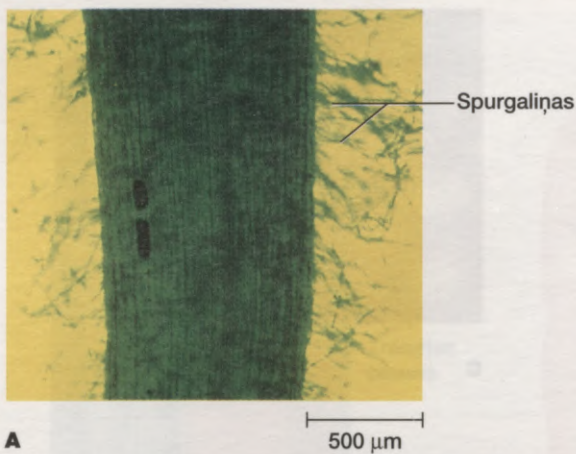
Ziedaugus atkarībā no dīgļa dīgļlapu skaita iedala **viendīgļlapjos** un **divdīgļlapjos** (1.3. att.). Dīgļlapās uzkrājas dīgļa dīgšanai nepieciešamās barības vielas, tomēr to funkcija var būt arī tā dīgšanai nepieciešamo savienojumu absorbēšana. Līdz ar dīgsta pirmo īsto lapu parādīšanos dīgļlapas savas funkcijas ir izpildījušas, jo jaunais augs var sākt patstāvīgi fotosintezēt. Dažu augu dīgļiem ir tikai viena dīgļlapa, un šādus augus sauc par viendīgļlapjiem. Citu augu dīgļiem raksturīgas divas dīgļlapas, un pašus augus sauc par divdīgļlapjiem.

Viendīgļlapju un divdīgļlapju saknēs vadaudi ir sakārtoti atšķirīgi. Viendīgļlapju saknēs koksne (vadaudi, pa kuriem tiek transportēts ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām) sakārtota gredzenveidā, bet divdīgļlapju saknēs koksnes grupas sakārtotas starveidīgi. **Vadaudu kūlišus** veido vadaudi, kurus apņem maksts šūnas. Viendīgļlapju stumbros vadaudu kūliši ir sakārtoti izklaidus, bet divdīgļlapju stumbros – gredzenveidīgi. 1.3. attēlā redzami stumbru šķērsriezumi. Jāatceras, ka vadaudu kūliši stiepjas visā stumbra garumā. Lapu dzislas ir lapās izvietojusies vadaudu



kūliši. Viendīgļlapjiem parasti raksturīgs paralēls vai lokveida lapu dzislojums, bet divdīgļlapju lapām raksturīgs tīklveida dzislojums, kurš var būt plūksnains vai starains. Plūksnaina lapu dzislojuma gadījumā sānu dzislas atzarojas no galvenās lapu dzislas dažādās vietās, bet starainam lapu dzislojumam raksturīga vairāku lapas dzislu atzarošanās no punkta, kur lapas plātne piestiprinājusies pie lapas kāta.

Pieaugušu viendīgļlapju un divdīgļlapju uzbūvei raksturīgas citas atšķirības, piemēram, atšķirīgs zieda daļu skaits.



1.4. attēls. Segaudi

A. Saknes segaudiem raksturīgi vienšūnas izaugumi – spurgaliņas, caur kurām sakne uzņem ūdeni. **B.** Lapas segaudos atrodas atvārsnītes, kuras nodrošina gāzu maiņu. **C.** Vecākiem stumbriem epidermu nomaina periderma.

1.3. Audi – augu orgānu veidotāji

Augš aug visu tā dzīves laiku, un šo augšanu nodrošina stumbros un saknēs esošā **meristēma** jeb **veidotājaudi**. No trīs meristēmu tipiem augā veidojas trīs galvenās specializētās audu grupas: no protodermas (ārējās primārās meristēmas) veidojas segaudi, no pamatmeristēmas veidojas pamataudi, bet no prokambija – vadaudi.

Tālāk tiks sīkāk aplūkotas trīs specializēto audu grupas.

1. **Segaudi** – veido auga ārējo aizsargkārtu.
2. **Pamataudi** – aizpilda telpu starp specializētajiem audiem.
3. **Vadaudi** – nodrošina ūdens un tajā izšķīdušo vielu transportu augā, kā arī veic mehānisko balsta funkciju.

Segaudi – aizsargātāji

Lakstaugiem un jauniem kokaugiem visu augu klāj **epiderma** (gr. *epi* – pār un *derma* – āda), ko veido viena savstarpēji cieši saistītu šūnu kārtā. Epidermas šūnu šūnapvalku klāj vaskveida apsarme – **kutikula**, kas samazina ūdens zudumus. Kutikula arī aizsargā augus no baktērijām un citiem organismiem, kas var izraisīt slimības.

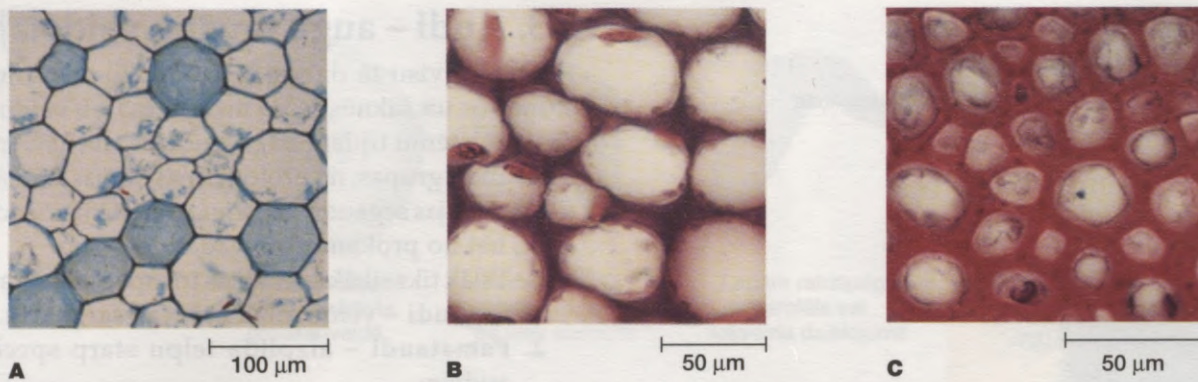
Daudzām saknes epidermas šūnām raksturīgi vienšūnas izaugumi, ko sauc par **spurgaliņām** (1.4. att. A). Kā jau minēts, spurgaliņas palielina saknes virsmu, kas absorbē ūdeni un minerāl sāļus, kā arī palīdz saknei nostiprināties augsnē.

Arī stumbrus un lapas var klāt dažāda veida epidermas izaugumi – **aizsargmatiņi**. Dažkārt epidermas šūnas var būt pārveidotas par dziedzeriem, kas izdala dažāda veida aizsargvielas vai pievilinātājielas.

Lapu apakšējā epidermā parasti sastopamas specializētas šūnas, ko sauc par atvārsnišu slēdzējšūnām (1.4. att. B). Atvārsnišu slēdzējšūnas, kuras atšķirībā no pārējām epidermas šūnām satur hloroplastus, ir sakārtotas pa pāriem un veido **atvārsnītes**. Kad atvārsnītes ir atvērtas, notiek gāzu maiņa. Dienā oglekļa dioksīds difundē lapās un skābeklis difundē ārā no tām.

Daudzgadīgiem kokaugiem stumbra epidermu nomaina **periderma** – sekundārie segaudi. Peridermas ārējās šūnu kārtas veido nedzīvas korķa šūnas, kuru šūnapvalkos uzkrājusies korķviela **suberīns** – lipīds, kas padara tās ūdens un gāzu necaurlaidīgas (1.4. att. C). Jaunas korķa šūnas veidojas, daloties korķa kambija šūnām. Suberīns uzkrājas vecākās korķa šūnās, kas tādējādi aizsargā augu no nelabvēlīgiem vides faktoriem – krasām temperatūras svārstībām, sēnēm, baktērijām un dzīvniekiem.

Segaudi veido augu aizsargkārtu. Segaudu uzbūve un funkcijas saknēm, stumbriem un lapām atšķiras.



1.5. attēls. Pamataudu šūnas

A. Parenhīmas šūnas ir vismazāk specializējušās augu šūnas. **B.** Kolenhīmas šūnapvalki ir biežāki nekā parenhīmas šūnapvalki, tomēr tie nav vienmērīgi uzbiezīnāti. **C.** Sklerenhīmas šūnas ir nedzīvas; to šūnapvalki ir biezi un vienmērīgi uzbiezīnāti, tāpēc sklerenhīma balsta augu.

Pamataudi – telpas aizpildītāji

Pamataudi veido augu organisma pamatmasu, un pie tiem pieder parenhīma, kolenhīma un sklerenhīma (1.5. att.). **Parenhīmas** šūnas visprecīzāk atbilst priekšstatam par tipisku augu šūnu. Parenhīmas šūnas ir vismazāk specializējušās augu šūnas, un tās sastopamas visos augu orgānos. Tajās var būt hloroplasti, kas nodrošina fotosintēzi, kā arī bezkrāsainās plastīdas – leikoplasti, kuros uzkrājas fotosintēzes produkti. Parenhīmas šūnas var dalīties, radot vairāku veidu specializētas šūnas. Tas notiek, piemēram, tad, kad spraudņiem sāk attīstīties adventīvās saknes.

Kolenhīmas šūnas ir līdzīgas parenhīmas šūnām, tomēr to šūnapvalki ir biežāki nekā parenhīmas šūnapvalki. Kolenhīmas šūnapvalki ir nevienmērīgi uzbiezīnāti. Kolenhīma parasti attīstās zem epidermas un nenobriedušiem augu audiem piešķir mehānisko izturību. Piemēram, selerijas lapu kātu šķiedras sastāv galvenokārt no kolenhīmas šūnām.

Sklerenhīmas šūnām ir bieži sekundārie šūnapvalki, kuros parasti uzkrājas **lignīns** – organiskā viela, kas šūnapvalkus padara sīkstus un cietus. Vairums sklerenhīmas šūnu ir nedzīvas. Tās augos veic galvenokārt mehānisko funkciju. Izšķir divus sklerenhīmas šūnu veidus – sklerenhīmas šķiedras un sklereīdas. Kaut gan sklerenhīmas šķiedru šūnas dažkārt ir atrodamas augu pamataudos, tās ir sastopamas galvenokārt kopā ar vadaudiem. Šķiedru šūnas ir garas, izstieptas, un tās bieži tiek izmantotas kā izejviela saimniecībā noderīgu šķiedru iegūšanai. Kaņepju šķiedras bieži izmanto auklu un virvju izgatavošanai, savukārt no linu šķiedrām ražo audumus. Linu šķiedru šūnapvalki nav lignificēti, tāpēc linu audumi ir samērā mīksti. Sklereīdas atšķirībā no sklerenhīmas šķiedrām ir īsākas un ar daudzveidīgāku formu. Tās sastopamas sēklapvalkos, cietajos augļapvalkos, bumbieru mīkstumā.

Vadaudi – vielu transportētāji

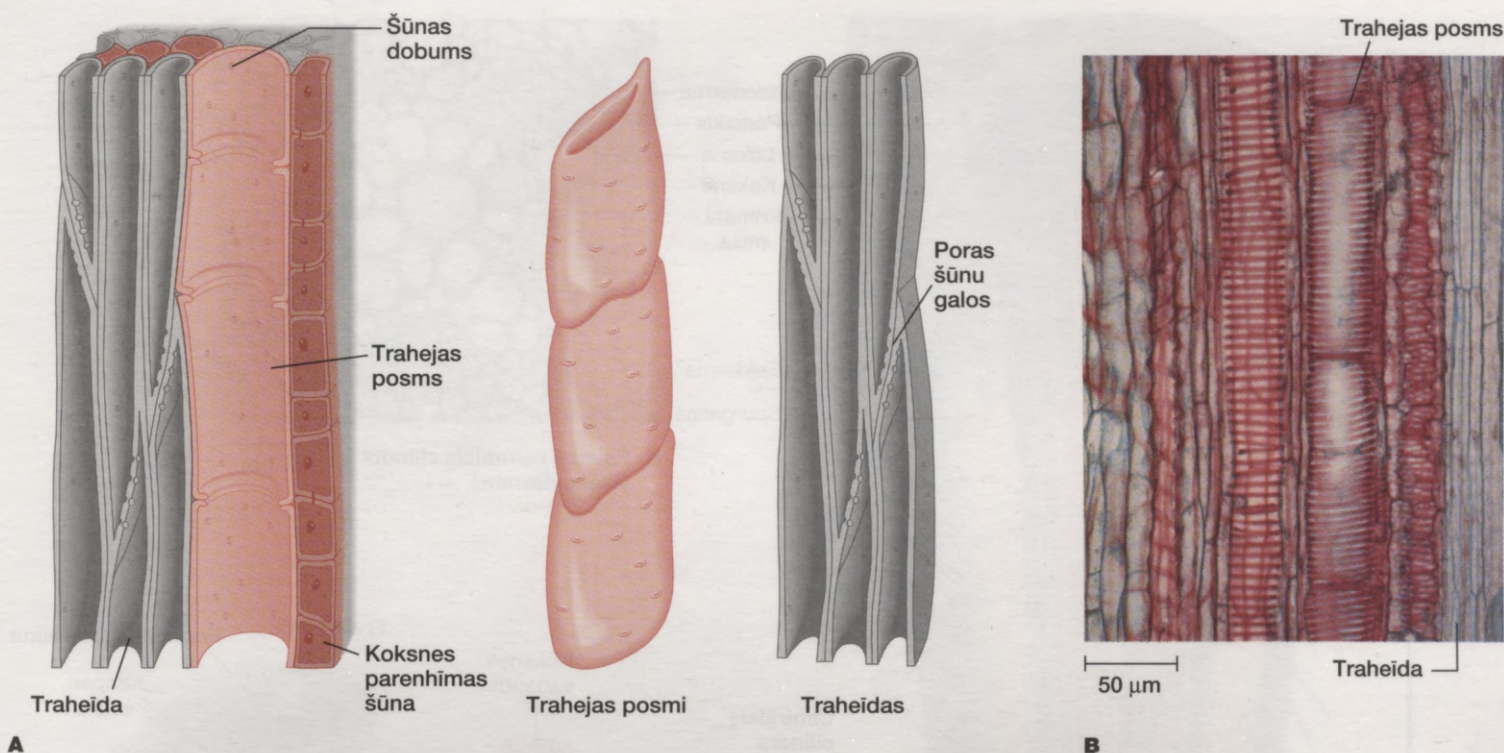
Pastāv divu veidu vadaudi. Pa **koksni** no saknēm augšup tiek transportēts ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām, bet pa **lūksni** no lapām uz saknēm un citām auga daļām

pārvietojas organisko vielu šķīdumi. Koksnes vadaudi sastāv no divējādām šūnām – **traheīdām** un **traheju posmiem** (1.6. att.). Abu veidu vadaudu šūnas ir dobas un nedzīvas, tomēr traheju posmi ir resnāki un to galos nav šūnapvalku. Šie traheju posmi veido vienu koksnes vadaudu elementu – **traheju**. Garenajām traheīdām raksturīgi smaili vai zobaini šūnu gali, ar kuriem tās kontaktējas cita ar citu. Tomēr traheīdas nav tik nozīmīgs koksnes vadaudu elements kā trahejas, jo vielu transportu pa tām kavē šūnapvalki. Ūdens tomēr var pārvietoties no vienas traheīdas uz nākamo, jo šūnu galos atrodas poras – šūnapvalku vietas, kur neveidojas sekundārais uzbiezīnājums. Bez trahejām un traheīdām koksni veido arī parenhīmas šūnas, kuras veic uzkrāējfunkciju. Vielu transportu pa stumbru sānvirzienā nodrošina vadaudu stari, kurus veido traheīdu šūnas un parenhīmas šūnas. Koksni ietilpst arī koksnes šķiedras – sklerenhīmas šūnas, kas veic mehānisko funkciju.

Lūksnes vadaudi ir **sietstobri**, kurus veido vertikālas izstieptu šūnu rindas. Katrai sietstobra šūnai ir sava **pavadītājšūna** (1.7. att.). Sietstobru šūnām ir citoplazma, bet nav kodola. To galos šūnapvalkos ir izveidojušās poras, un šajās vietās šūnu šķērsgriezums atgādina sietu, tādēļ to sauc par **sietplātņi**. Caur sietplātņi stiepjas citoplazmas pavedieni – plazmodesmas, kas savieno blakusesošo sietstobru posmu saturu. Sietstobru posmu pavadītājšūnām ir izteikts kodols, un ar sietstobriem tās saista daudzas plazmodesmas. Pavadītājšūnu kodoli kontrolē sietstobru posmu un arī pašu pavadītājšūnu darbību. Uzskata, ka pavadītājšūnas ir iesaistītas arī vielu transportā pa lūksni.

Vadaudi (koksne un lūksne) savieno auga saknes ar lapām. Daudzgadīgu kokaugu stumbros un saknēs vadaudi ir sakārtoti vienlaidus, bet lapās un lakstaugu stumbros un saknēs vadaudi veido kūlīšus.

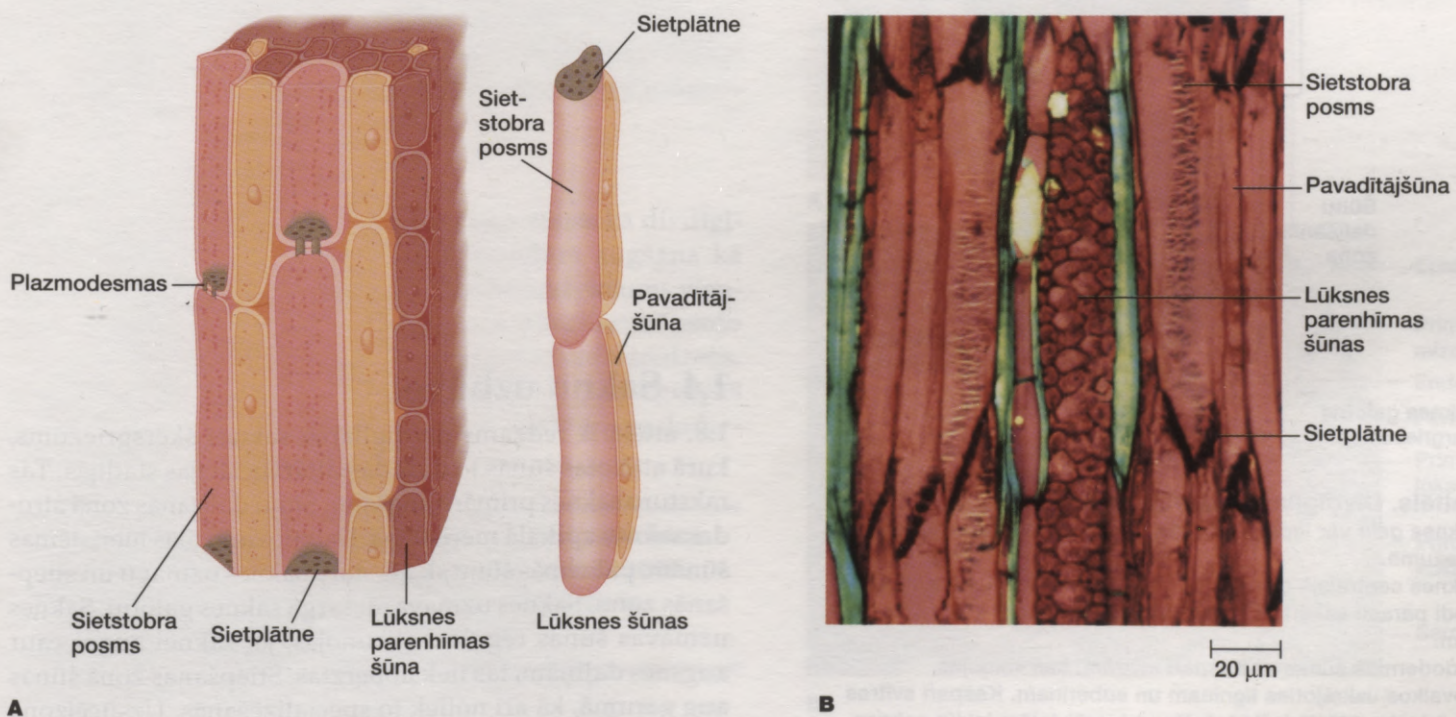
Vadaudi veido koksni un lūksni. Pa koksni tiek transportēts ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām, bet pa lūksni – organiskās vielas.



1.6. attēls. Koksnes uzbūve

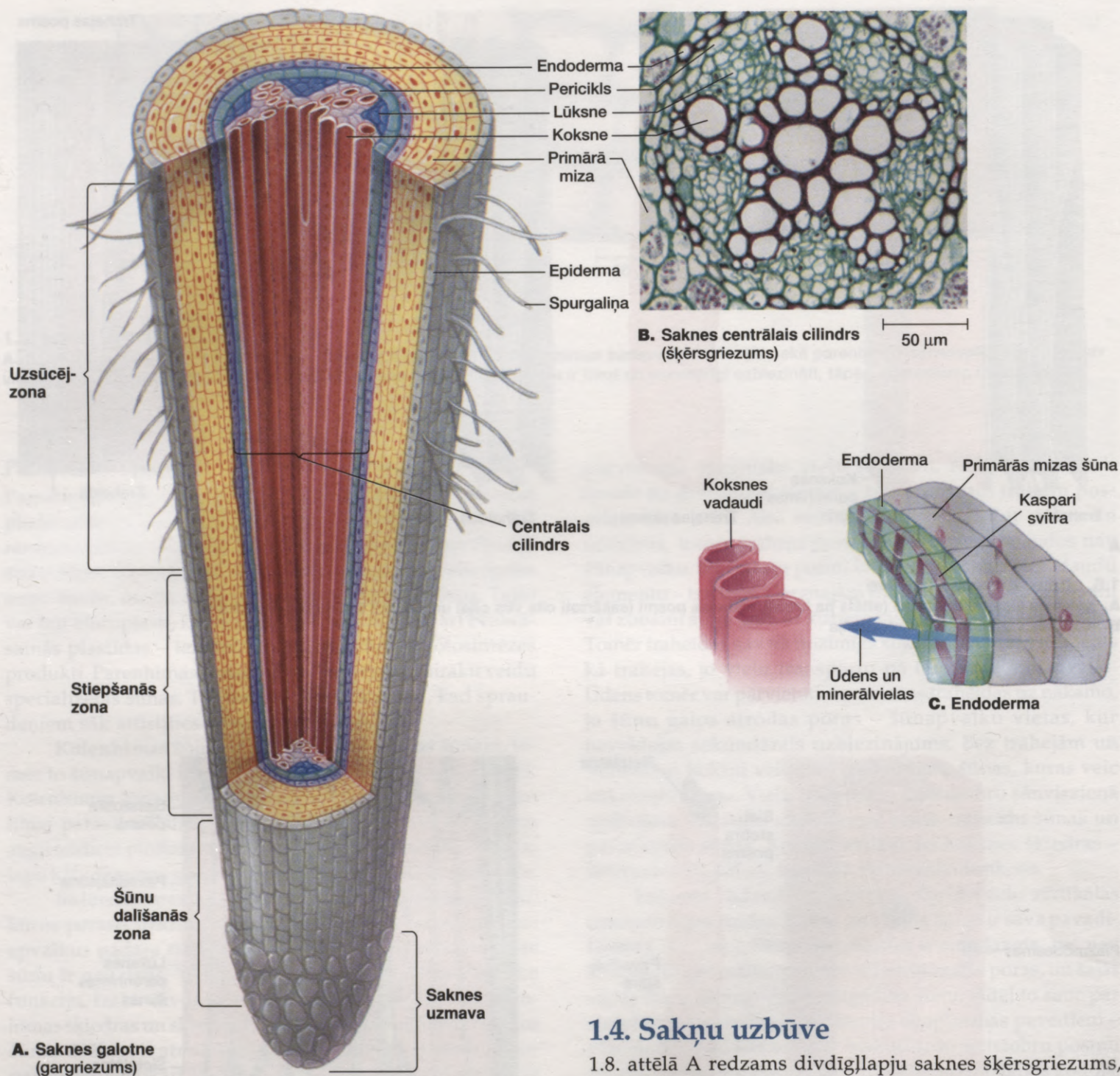
A. Koksnes vispārējā uzbūve (attēls pa kreisi), trahejas posmi (sakārtoti cits virs cita) un vairāku traheīdu gargriezums.

B. Koksnes vadaudu mikrofotogrāfija



1.7. attēls. Lūksnes uzbūve

A. Lūksnes vispārējā uzbūve (attēls pa kreisi), sietstobra posmi un to pavadītājšūnas. **B.** Lūksnes vadaudu mikrofotogrāfija



1.8. attēls. Divdīgļlapju saknes gals

A. Saknes galu var iedalīt 4 zonās, kas vislabāk redzamas saknes gargriezumā.

B. Saknes centrālajā cilindrā atrodas saknes vadaudi. Koksnes vadaudi parasti sakārtoti starveidīgi, bet lūksne ir starp šiem stariem.

C. Endodermas šūnas ar Kaspari svītrām, kas veidojas, šūnapvalkos uzkrājoties lignīnam un suberīnam. Kaspari svītras neļauj ūdenim ar tajā izšķīdušajām minerālvielām iekļūt saknes vadaudos caur šūnapvalku. Tādējādi šķīdumi vadaudos var iekļūt tikai caur endodermas šūnu citoplazmu, kas regulē vielu plūsmu.

1.4. Sakņu uzbūve

1.8. attēlā A redzams divdīgļlapju saknes šķērs griezums, kurā attēlotas šūnas to dažādās diferenciacijas stadijās. Tas raksturo saknes primāro augšanu. Šūnu dalīšanās zonā atrodas saknes **apikālā meristēma**. Daloties apikālās meristēmas šūnām, palielinās šūnu skaits starp saknes uzmavu un stiepšanās zonu. Saknes uzmava aizsargā saknes galotni. Saknes uzmavas šūnas regulāri atjaunojas, jo, saknei augot caur augsnes daļiņām, tās tiek noberztas. Stiepšanās zonā šūnas aug garumā, kā arī notiek to specializēšanās. Uzsūcējzonā šūnas jau ir pieaugušas un pilnīgi diferencējušas. Saknes uzsūcējzonai raksturīgs liels skaits spurgaliņu.

Divdīgļlapju saknes audi

1.8. attēlā A redzams arī saknes šķērs griezumā uzsūcējzonā. Šajā zonā ir vairāki specializētie saknes audi.

Epiderma Epiderma, kas sakni sedz no ārpuses, sastāv no vienas šūnu kārtas. Vairums epidermas šūnu ir taisnstūrveidīgas un ar plāniem šūnapvalkiem, bet saknes uzsūcējzonā daudzām epidermas šūnām ir 5–8 mm gari viensūnas izaugumi – spurgaliņas.

Primārā miza No epidermas virzienā uz saknes centru atrodas saknes primārā miza, kuras lielāko daļu veido lielas parenhīmas šūnas ar plāniem šūnapvalkiem. Primārās mizas audi ir samērā irdeni, tāpēc ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām pa tiem var pārvietoties ārpus šūnām. Primārā miza veic galvenokārt uzkrājējfunkciju.

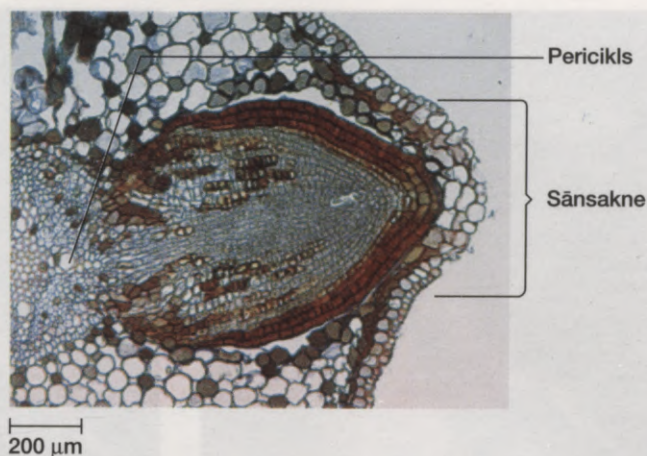
Endoderma Endoderma (gr. *endon* – iekšā un *derma* – āda) ir viens šūnu slānis, kas atdala primāro mizu no centrālā cilindra. Endodermas šūnas sakārtotas cieši cita pie citas, un to šūnapvalkos, kuri kontaktējas ar citām endodermas šūnām, uzkrājas lignīns un suberīns, veidojot **Kaspari svītras** (1.8. att. C). Tās neļauj ūdenim ar tajā izšķīdušajām minerālvielām izklūt cauri šūnapvalkiem, tādēļ vienīgais vielu iekļūšanas ceļš centrālajā cilindrā ir caur endodermas šūnu citoplazmu, kā tas ir redzams 1.8. attēlā C. Tādējādi endoderma regulē minerālvielu iekļūšanu centrālajā cilindrā.

Vadaudi Pirmais **centrālā cilindra** šūnu slānis ir **pericikls**, kura šūnas ir saglabājušas spēju dalīties. Periciklā parasti sākas sānsakņu veidošanās (1.9. att.). Lielāko centrālā cilindra daļu aizņem vadaudi. Divdīgļlapju saknē koksnes vadaudi izkārtojušies starveidīgi (1.8. att. B). Lūksne ir atsevišķās grupās starp koksnes stariem.

Viendīgļlapju saknes audi

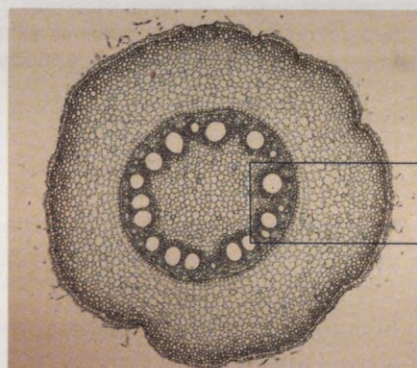
Viendīgļlapju saknēm izšķir tādas pašas zonas kā divdīgļlapjiem, bet tām nav raksturīga sekundārā augšana kā vairumam divdīgļlapju sakņu. Arī audu sakārtojums viendīgļlapju saknē ir atšķirīgs. Viendīgļlapju saknes centrā esošo serdi veido parenhīmas audi. Tos apņem vadaudu gredzens, kurā secīgi izkārtojušās koksnes un lūksnes audu grupas (1.10. att.). Arī viendīgļlapju saknei ir pericikls, endoderma, primārā miza un epiderma.

Augu sakņu sistēma uzņem ūdeni un minerālvielas. Tās iekļūst saknē caur epidermu, tad caur primāro mizu nonāk līdz endodermai, kura regulē vielu iekļūšanu saknes centrālajā cilindrā.

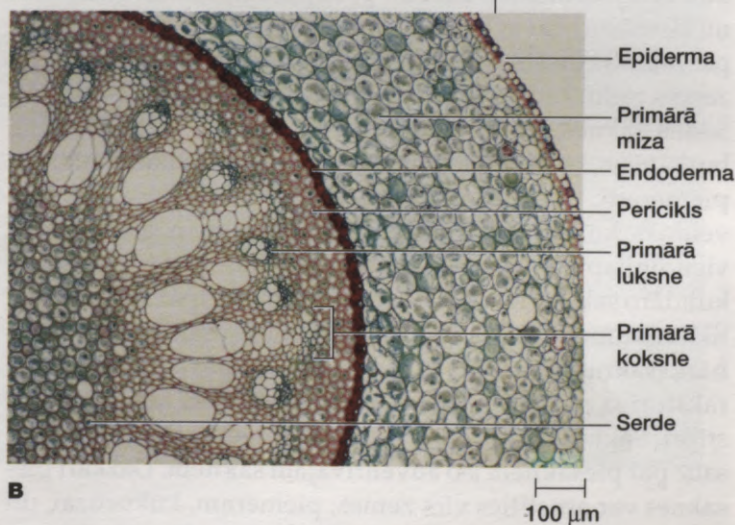


1.9. attēls. Divdīgļlapja saknes šķērs griezumā

Vītola *Salix* saknes šķērs griezumā redzama sānsaknes veidošanās no pericikla.



A



B

1.10. attēls. Viendīgļlapja sakne

A. Saknes šķērs griezumā redzams, ka tās serdi apņem vadaudu gredzens. B. Palielinājumā var saskatīt dažādus saknes audus.



A



B



C

1.11. attēls. Trīs sakņu veidi

- A.** Mietsaknei raksturīga izteikta galvenā sakne, no kuras atzarojas dažādu pakāpju sānsaknes (sekundārās saknes).
B. Bārķsaknei ir daudz sekundāro sakņu bez izteiktas galvenās saknes.
C. Piesaknes jeb adventīvās saknes, piemēram, balstsaknes, attīstās no vasas.

Dažādu veidu saknes

Saknes ir dažādā veidā pielāgojušās noteiktu funkciju veikšanai. Tās nostiprina augu augsnē, uzņem ūdeni un minerālvielas, uzkrāj rezerves vielas.

Daudziem augiem, galvenokārt divdīgļlapjiem, **primārā sakne** aug un attīstās īpaši spēcīga. Tai parādās sekundārās saknes jeb dažādu pakāpju sānsaknes. Šādu sakņu sistēmas tipu ar izteiktu primāro jeb galveno sakni sauc par **mietsakņu sistēmu**. Mietsaknēs bieži uzkrājas daudz rezerves vielu. Tad tās sauc par sulīgajām saknēm (1.11. att. A). Šādas saknes, ko cilvēks izmanto pārtikā, ir, piemēram, burkāniem, bietēm, rutkiem un redīsiem. Daudziem augiem, piemēram, dālijām, rezerves vielas uzkrājas sakņu pārveidnēs, ko sauc par **gumiem**. Citiem augiem, galvenokārt viendīgļlapjiem, neattīstās galvenā sakne, bet ir daudz sekundāro sakņu. Tās sāk attīstīties stumbra apakšējā mezglā, tiklīdz atmirst primārā sakne. Šīs saknes ar sānsaknēm veido **bārķsakņu sistēmu** (1.11. att. B). Šāda sakņu sistēma ir raksturīga graudzālēm, un augsnes daļiņas tajā turas ļoti stipri. Saknes, kuras attīstās no augu vasas, nevis saknēm, sauc par **piesaknēm** jeb **adventīvajām saknēm**. Dažkārt piesaknes var attīstīties virs zemes, piemēram, kukurūzai, un veikt galvenokārt balsta funkciju. Šādā gadījumā tās sauc par **balsta saknēm** (1.11. att. C). Mangroves augiem attīstās lielas balstsaknes, kas palīdz tiem nostiprināties purvainajā augsnē, kur mangroves parasti aug. Melnās mangroves aug ūdenī, un to saknēm raksturīgi pneimatofori – sakņu izaugumi virs ūdens. Ar to palīdzību augs var uzņemt skābekli, kas nepieciešams šūnu aerobajai elpošanai. Piesaknes attīstās arī apakšzemes stumbra (sakneņu) mezglu vietās, piemēram, ložņu vārpatai, un var veikt tvērējfunkciju, piemēram, efejai. Daudziem parazitiskajiem augiem uz stumbriem attīstās sakņveida izaugumi – haustorijas, kas ieaug saimniekaugā, nokļūst līdz tā vadaudiem un tā nodrošina parazītaugu ar ūdeni un minerālvielām.

Mikoriza ir simbioze starp saknēm un sēnēm. Šādas saknes var labāk uzņemt ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām no augsnes nekā tad, ja tās nebūtu saistījušās ar sēnēm. Šādas attiecības starp saknēm un sēnēm sauc par mutuāliskām attiecībām, jo sēne no auga uzņem cukurus un aminoskābes, savukārt augs palīdz sēnei uzņemt no augsnes ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām. Zirņu, pupiņu un citu tauriņziežu saknēm raksturīgi izaugumi – gumiņi, kuros dzīvo slāpekli fiksējošas baktērijas.

Augi nespēj slāpekli saistīt no atmosfēras, bet gumiņbaktērijas var to saistīt un reducēt. Līdz ar to šie augi nav atkarīgi no slāpekļa satura augsnē (nitrātu vai amonija jonu veidā). Tos bieži vien audzē, lai augsnē palielinātu slāpekļa daudzumu.

Augi nespēj slāpekli saistīt no atmosfēras, bet gumiņbaktērijas var to saistīt un reducēt. Līdz ar to šie augi nav atkarīgi no slāpekļa satura augsnē (nitrātu vai amonija jonu veidā). Tos bieži vien audzē, lai augsnē palielinātu slāpekļa daudzumu.

Saknes ir pielāgotas augu nostiprināšanai augsnē, ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu uzņemšanai, fotosintēzes produktu uzkrāšanai.

Uzziniet tuvāk

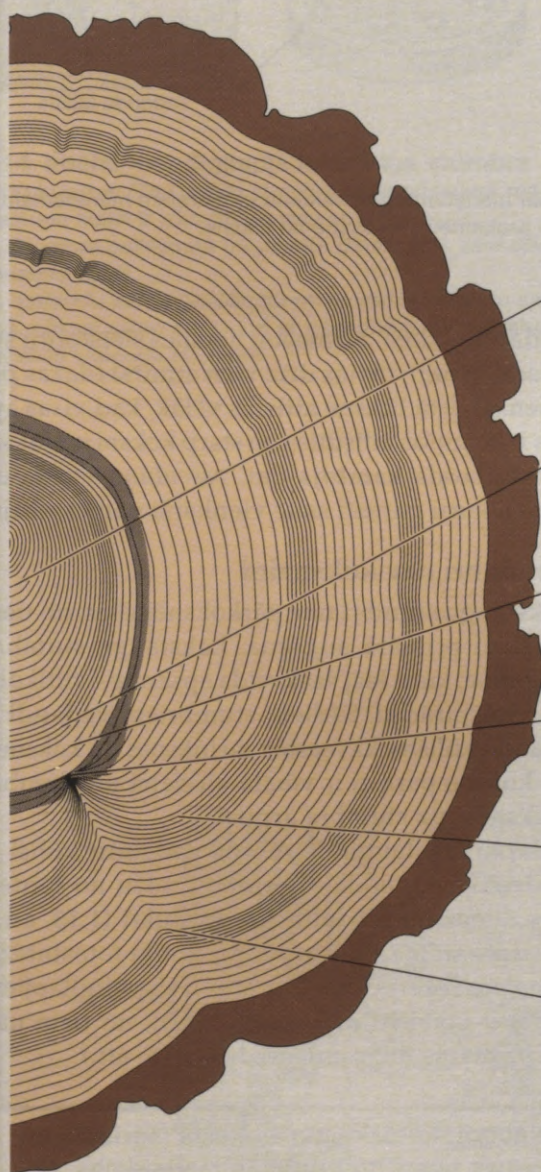
► Ko vēsta koka gadskārtas

Katru gadu koka stumbrs kļūst par vienu gadskārtu resnāks. Pavasarī stumbrs aug ātri un koksne ir gaiša; vasarā augšanas ātrums samazinās un koksne izskatās tumšāka. Saskaitot tumšos gredzenus, var noteikt koka vecumu. Pētot gadskārtu biezumu, krāsu, formu un gludumu, var uzzināt, kas ar koku noticis tā dzīves laikā (1.A. att.). Pēc stumbra var noteikt, kuros gados ir noticis meža ugunsgrēks vai kad kokam uzbrukuši kaitēkļi. Pēc gadskārtām

var spriest arī par klimata apstākļiem, kādi valdījuši senāk. Duglass, Herolds, Frits un citi Arizonas Universitātes Koku gadskārtu pētniecības laboratorijas zinātnieki jau daudzus gadus pēta sausumā augošu koku gadskārtu platumu. Viņi ir atklājuši, ka starp koku augšanu un klimatiskajiem rādītājiem pastāv ļoti svarīgas statistiskas likumsakarības. Izmantojot datorus un statistisko analīzi, viņi ir izstrādājuši metodes, ar kuru palīdzību var noteikt visnecīgākās klimata un citu vides faktoru pārmaiņas. Tādējādi

ir izdevies samērā precīzi rekonstruēt klimatiskās svārstības un pārmaiņas, kas notikušas pirms vairākiem gadsimtiem. Mūsdienās gadskārtu analīze dod iespēju noteikt, kāds klimats valdījis aizvēsturiskos laikos.

Lai analizētu gadskārtas, koks nav jānozāgē, bet tā stumbrā jāieurbj speciāls urbis ar dobu vidu. Tā iegūst koksnes fragmentu visā koksnes platumā. To pēta un analizē. Lai novērstu fitopatogēnu iekļūšanu urbumā, to aizbāž.



1914

Kad koks bija 6 gadus vecs, pret to kaut kas atspiedās, liekot tam noliekties. Attēla apakšdaļā gadskārtas ir biežākas – koks veidojis "līdzsvara koksni", lai atbalstītu stumbru.

1924

Koks atkal aug taisni, tomēr blakus augošie koki ar savu vainagu un sakņu sistēmu ir konkurenti, jo atņem tam ūdeni un saules gaismu. Gadskārtas ir plānākas.

1927

Apkārtējie koki tikuši nozāģēti, un kokam atkal ir bijis pietiekami daudz ūdens, barības vielu un saules gaismas. Gadskārtas atkal kļuvušas biežākas.

1930

Mežā ir izcēlies ugunsgrēks. Kokam izveidojusies rēta, un ar katru nākamo gadu to pārklājušas arvien jaunas gadskārtas.

1942

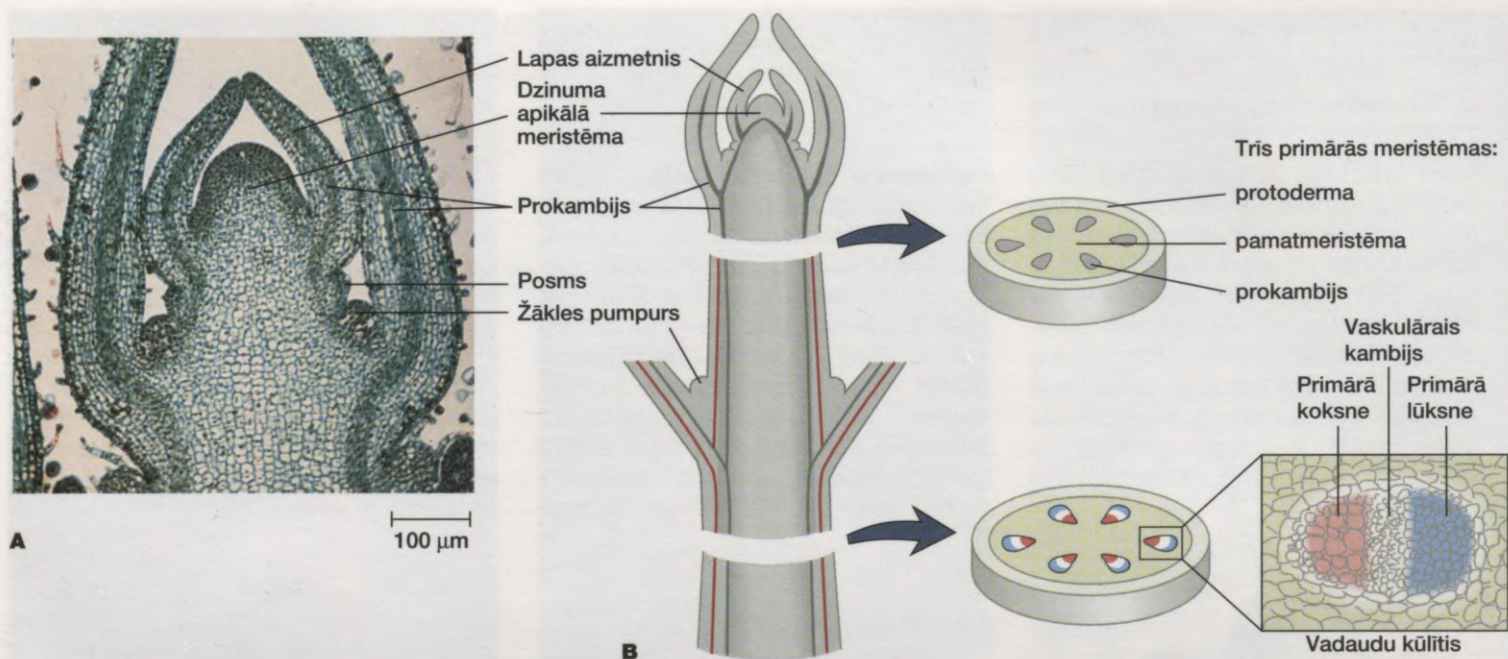
Šaurās gadskārtas norāda, ka šajā laikā bijis ilgstošs sausuma periods. Vienā vai divās vasarās augsne nebūtu varējusi izžūt tik daudz, lai koks tik ilgstošu periodu palēninātu augšanu.

1957

Nākamo šauru gadskārtu sēriju varētu būt izraisījis kaitēkļu, piemēram, zāģlapseņu kāpuru uzbrukums. Tie pārtiek no dažādu skuju koku lapām un pumpuriem.

1.A. attēls. Koka vēsture

Koks tika iestādīts 1908. gadā un nozāģēts 1960. gadā. Stumbra gadskārtu anatomija korelē ar datētajiem notikumiem. (St. Regis Paper Company, New York, NY, 1966.)



1.12. attēls. Stumbra galotne un primārās meristēmas

A. Dzinuma galotnes pumpurā apikālo meristēmu apņem lapu aizmetņi. **B.** Dzinuma apikālā meristēma dod sākumu pirmajām meristēmām: no protodermas veidojas epiderma, no pamatmeristēmas – serde un primārā miza, bet no prokambija – koksne un lūksne.

1.5. Stumbra uzbūve

Stumbra augšana notiek līdzīgi saknes augšanai. Stumbra galotnē, ko sauc par **dzinuma apikālo meristēmu**, veidojas jaunas šūnas, kurām stiepjoties stumbrs aug garumā. Šo stiepanos sauc par primāro augšanu. Dzinuma apikālā meristēma ir paslēpta galotnes pumpurā zem lapu aizmetņiem (1.12. att. A). Mērenās klimata zonas augiem ziemā, kad to augšana ir apstājusies, galotnes pumpurus aizsargā zvīņlapas. Pavasarī, atsākoties augšanai, zvīņlapas nokrīt, atstājot rētas. Saskaitot šīs rētas, var noteikt stumbra vecumu.

Lapu aizmetņi veidojas no apikālās meristēmas regulārā attālumā cits no cita. Vietas, kurās veidojas lapu aizmetņi, sauc par mezgliem. Attālumu starp diviem mezgliem sauc par posmu. Stumbriem augot garumā, posmi stiepjās. Žākļu pumpuri izveidojas lapu aizmetņu žāklēs. Tie parasti atrodas miera stāvoklī, bet no tiem var arī attīstīties sādzinumi.

Dzinumam augot garumā, tajā visu laiku diferencējas audi. Bez lapu aizmetņiem no dzinuma apikālās meristēmas attīstās arī trīs specializēti primāro meristēmu veidi (1.12. att. B). Šīs trīs meristēmas nodrošina dzinuma augšanu garumā. Kā jau minēts, pati ārējā meristēma – protoderma dod sākumu epidermai. No pamatmeristēmas veidojas parenhīmas šūnas, kas aizņem stumbra serdi, kā arī primārās mizas parenhīmas šūnas. No prokambija, ko var skaidri saskatīt 1.12. attēlā A, veidojas pirmās koksnes šūnas, ko sauc par primāro koksni, kā arī pirmās lūksnes šūnas, ko sauc par primāro lūksni. Diferenciācija turpinās, noteiktām šūnām kļūstot par pirmajām traheidām vai traheju posmiem. Tā

izveidojas vadaudu kūļi. Pirmajām lūksnes sietstobru šūnām nav pavadītājšūnu, un tās drīz vien atmirst (dažas pat pēc vienas dienas). Īstā lūksne attīstās vēlāk, kad visas apkārtējās šūnas ir beigušas attīstīties un starp koksni un lūksni izveidojas **vaskulārais kambijs** (lat. *vasculum* – vads un *cambio* – maiņa), kuru parasti sauc vienkārši par **kambiju**.

Lakstaugu stumbri nav koksaini

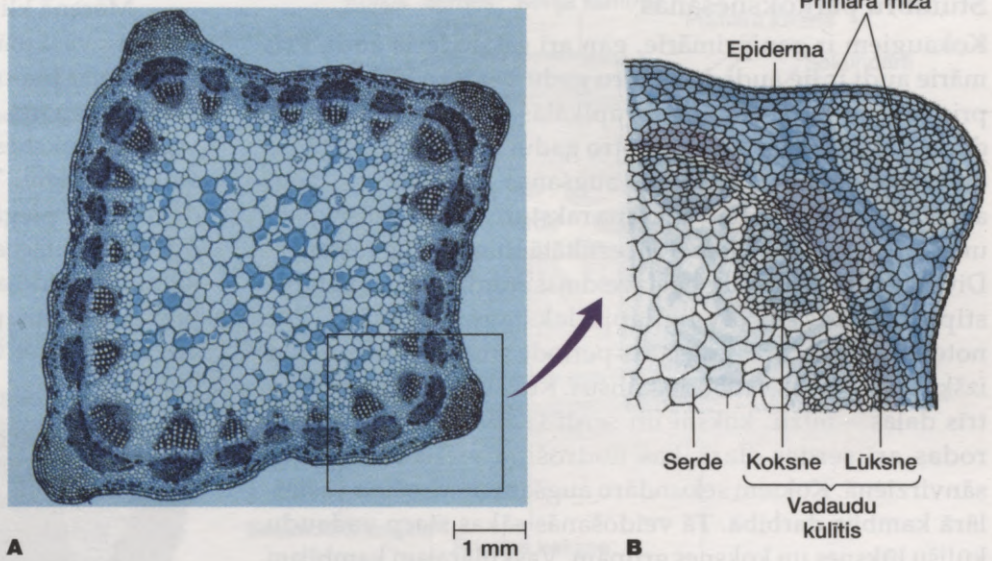
Pieaugušu lakstaugu stumbri nav pārkoksņējušies, un tiem ir raksturīga tikai primārā augšana. Lakstaugu stumbriem sagaudi ir epiderma, kuru klāj vaskveida apsarme – kutikula. Tā samazina transpirāciju. Šādiem stumbriem vadaudi ir sakārtoti vadaudu kūļos, kas sastāv no lūksnes un koksnes. Šajos kūļos koksne parasti ir vērsta virzienā uz stumbra centru, bet lūksne – uz stumbra ārpusi.

Divdīgļlapju lakstaugu stumbros vadaudu kūļi ir sakārtoti gredzenveidā, nodalot primāro mizu no serdes, kurā uzkrājas ūdens un fotosintēzes produkti (1.13. att.). Primārā miza dažkārt ir zaļa, un tajā var notikt fotosintēze, bet serde kalpo par rezerves vielu krātuvi. Viendīgļlapjiem vadaudu kūļi ir izkaisīti pa visu stumbru, un tiem nav labi izteiktas primārās mizas un serdes (1.14. att.).

Stumbriem augot, no dzinuma apikālās meristēmas veidojas jaunas lapas un primārās meristēmas. No primārajām meristēmām attīstās citi lakstaugu stumbra audi.

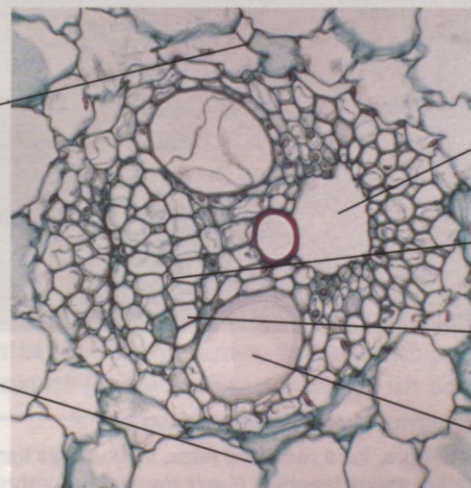
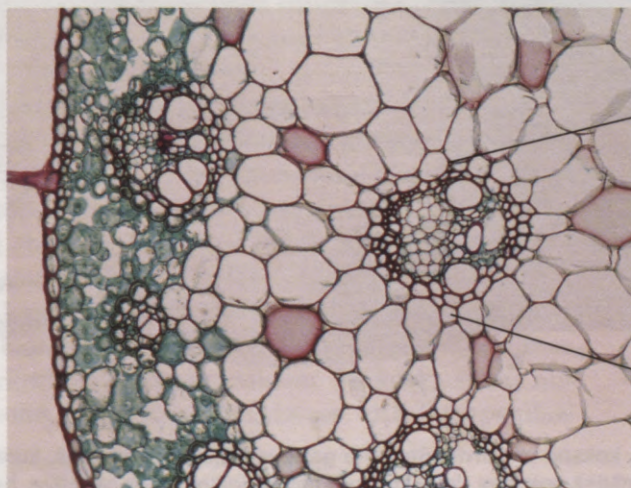
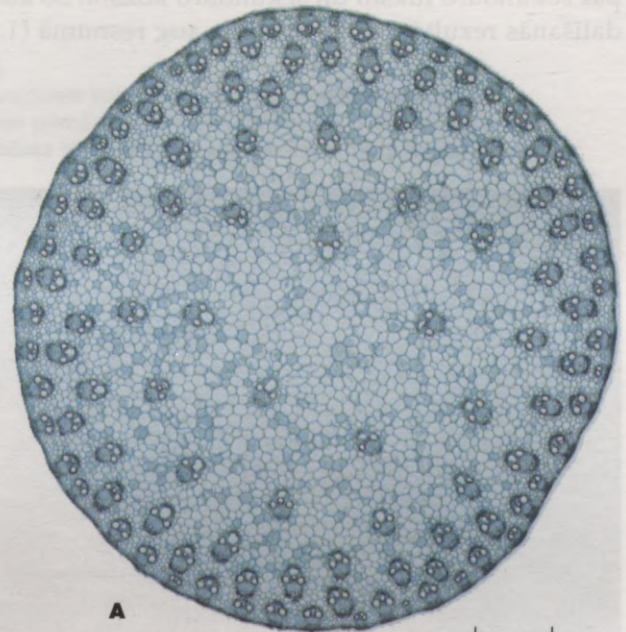
1.13. attēls. Divdīgļlapja lakstauga stumbrs

A. Lucernas (*Medicago*) stumbra šķērsgriezumā labi redzams, ka vadaudu kūliši sakārtoti gredzenā. **B.** Stumbra šķērsgriezuma fragmenta zīmējumā skaidri izšķiramas dažādas audu grupas vadaudu kūlišos un pārējā stumbūrā.



1.14. attēls. Viendīgļlapja lakstauga stumbrs

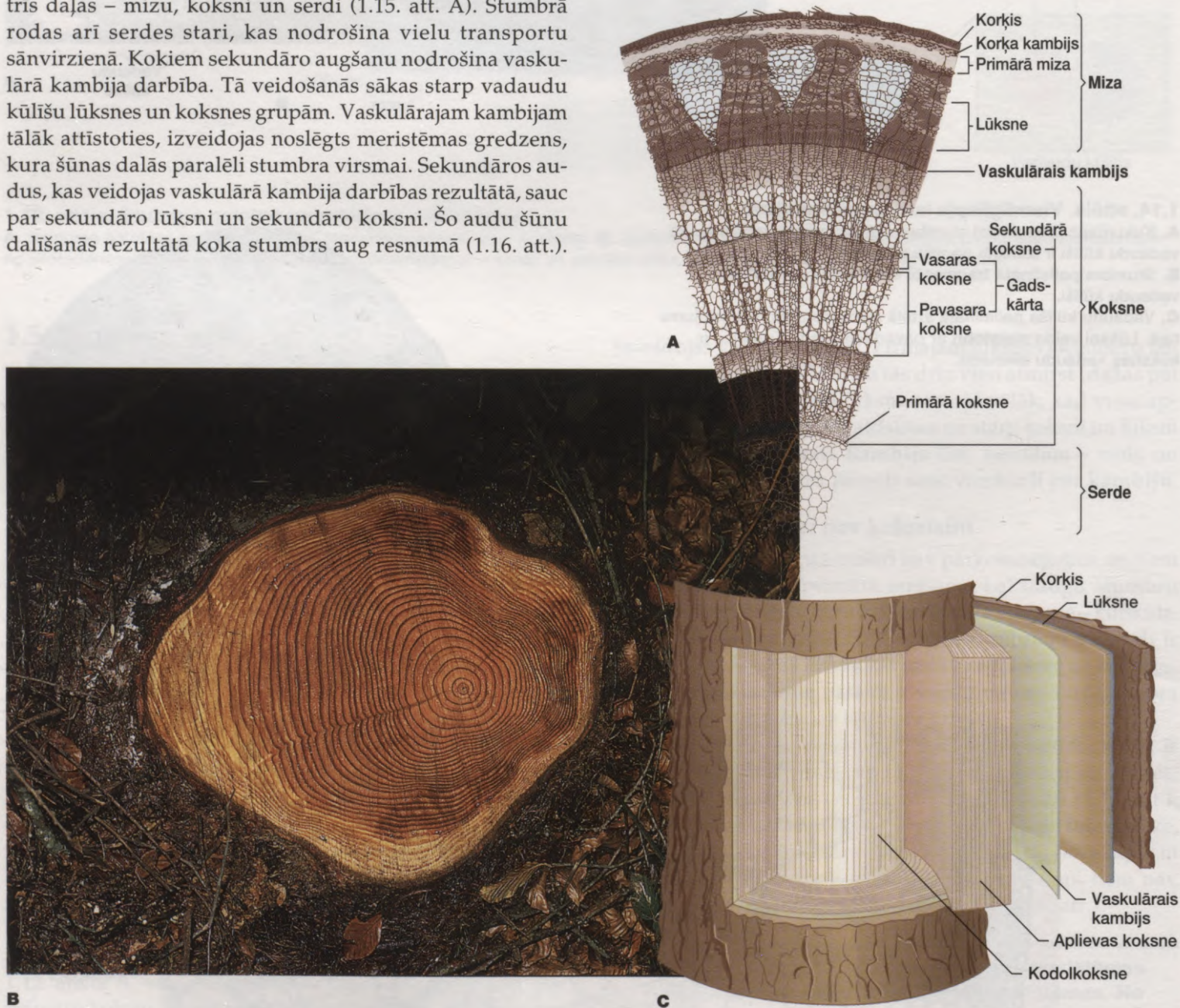
A. Kukurūzas (*Zea mays*) stumbra šķērsgriezumā redzams, ka vadaudu kūliši ir izkaisīti pa visu stumbru. **B.** Stumbra palielinātā fragmentā detalizētāk saskatāmi vadaudu kūliši. **C.** Vadaudu kūliša palielinātā attēlā redzams audu sakārtojums tajā. Lūksni veido sietstobri ar pavadītājšūnām. Trahejas ir koksnes vadaudu elementi.



Stumbru pārkoksšanās

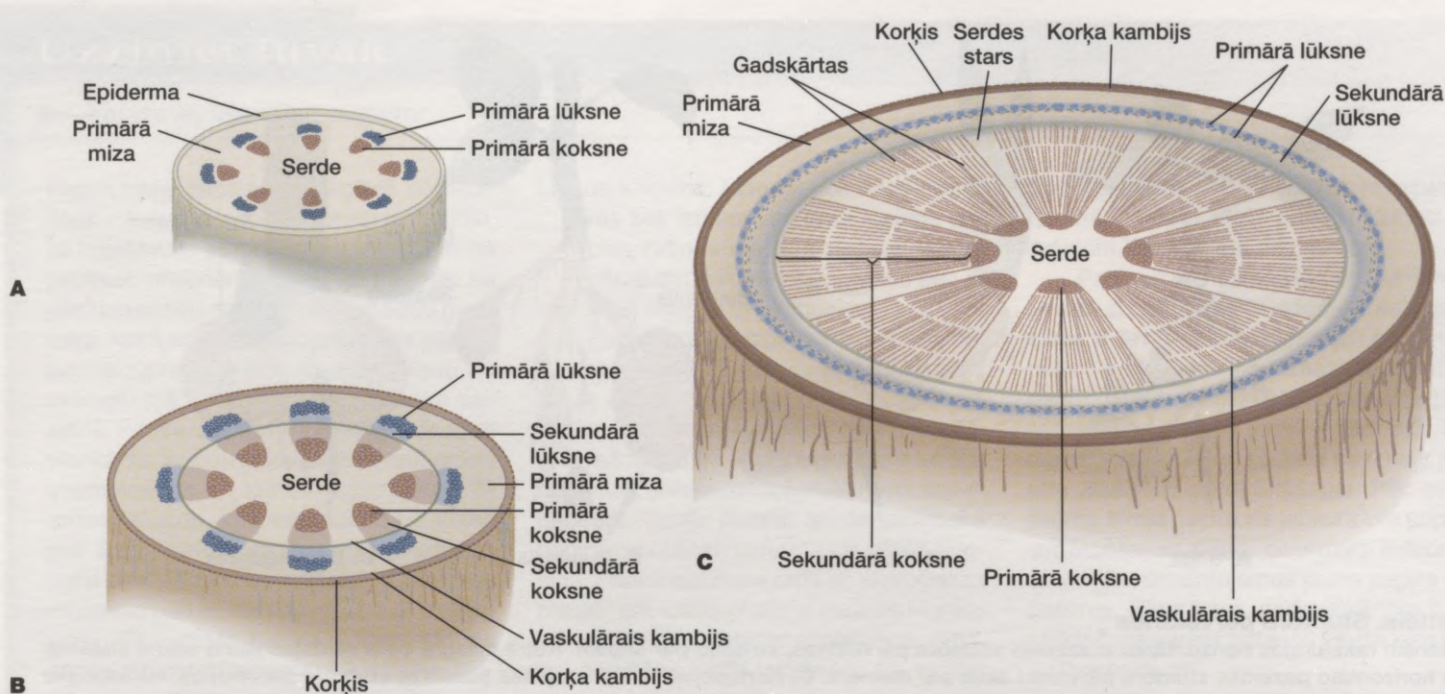
Kokaugiem ir gan primārie, gan arī sekundārie audi. Primārie audi ir tie audi, kas katru gadu veidojas no jauna no primārajām meristēmām aiz apikālās meristēmas. Sekundārie audi veidojas, sākot ar otro gadu, **laterālo meristēmu** darbības rezultātā. Primārās augšanas rezultātā visi augi aug garumā. Sekundārā augšana raksturīga tikai kailsēkļiem un daudziem segsēkļiem. Tās rezultātā stumbri aug resnumā. Divdīgļlapjiem kokaugiem izveidojas stumbrs, kura uzbūve stipri atšķiras no divdīgļlapju lakstaugu stumbra. Pēc noteikta sekundārās augšanas perioda stumbrā vairs nevar izšķirt atsevišķus vadaudu kūlišus. Kokaugu stumbrā izšķir trīs daļas – mizu, koksni un serdi (1.15. att. A). Stumbrā rodas arī serdes stari, kas nodrošina vielu transportu sānvirzienā. Kokiem sekundāro augšanu nodrošina vaskulārā kambija darbība. Tā veidošanās sākas starp vadaudu kūlišu lūksnes un koksnes grupām. Vaskulārajam kambijam tālāk attīstoties, izveidojas noslēgts meristēmas gredzens, kura šūnas dalās paralēli stumbra virsmai. Sekundāros audus, kas veidojas vaskulārā kambija darbības rezultātā, sauc par sekundāro lūksni un sekundāro koksni. Šo audu šūnu dalīšanās rezultātā koka stumbrs aug resnumā (1.16. att.).

Mērenā klimata kokaugiem ziemā, kad iestājas miera periods, vaskulārais kambijs ir neaktīvs. Pavasarī, sākoties veģetācijas periodam, kad aktīvējas ūdens un tajā izšķīdušo vielu transports, vaskulārā kambija šūnu dalīšanās rezultātā veidojas koksnes vadaudi ar lieliem dobumiem un plāniem šūnapvalkiem. To sauc par pavasara koksni, un tās uzdevums ir piegādāt augošajām lapām pietiekami daudz ūdens. Veģetācijas periodam beidzoties, koksne no vaskulārā kambija veidojas vadaudi ar mazākiem dobumiem, bet biežākiem šūnapvalkiem. Tā ir rudens koksne, kas palīdz augam noturēt vasaras koksnes pieauguma masu.



1.15. attēls. Divdīgļlapja koksainais stumbrs

A. Trīsgadīgs koka stumbrs, kurā redzama miza, vaskulārais kambijs, koksne un serde. Stumbra galveno daļu veido koksne, kurai ir trīs gadskārtas. **B.** 39 gadus vecas lapegles (*Larix decidua*) stumbrs. Tumšākā koksnes daļa, ko sauc par kodolkoksni, ir neaktīva, bet gaišākā koksnes daļa – aplievas koksne – funkcionē. **C.** Mizas, vaskulārā kambija un koksnes savstarpējās proporcijas pieaugušā stumbrā. Serde nav redzama.



1.16. attēls. Stumbra sekundārā augšana

A. Lakstains daudzgadīga divdīgļlapja stumbrs pirms sekundārās augšanas sākuma.

B. Sekundārās augšanas sākums. Epidermu nomaina korķis. No vaskulārā kambija veidojas sekundārā lūksne un sekundārā koksne.

C. Trīsgadīgs stumbrs. No korņa kambija veidojas jauni korņa slāņi. Primārā lūksne un primārā miza pamazām izzūd. Tajā pašā gadā funkcionē tikai sekundārā lūksne (mizā). Tā veidojas no vaskulārā kambija, kura darbības rezultātā veidojas arī sekundārā koksne. Tajā var saskatīt gadskārtas.

Pašās veģetācijas perioda beigās, pirms vaskulārais kambijs pārtrauc savu darbību, attīstās koksnes šķiedras ar īpaši bieziem šūnapvalkiem. Koka stumbrā viena veģetācijas perioda laikā izveidojusies pavasara koksne un rudens koksne veido vienu **gadskārtu**. Saskaitot stumbra gadskārtas, var noteikt tā vecumu. Ārējās gadskārtas, kurās notiek vielu transports, veido aplievas koksni (1.15. att. B, C).

Vecāku koku stumbros iekšējo gadskārtu koksne vairs nefunkcionē kā vadaudi. To sauc par kodolkoksni, kuras vadaudi aizaug, bet dobumos uzkrājas sveķi un dažādas citas organiskās vielas, kas kavē fitopatogēnu (baktēriju un sēņu) attīstību. Kodolkoksne koka stumbrā veic mehānisko funkciju, tomēr koki dažkārt var augt un nenolūzt arī pēc tam, kad kodolkoksne satrupē.

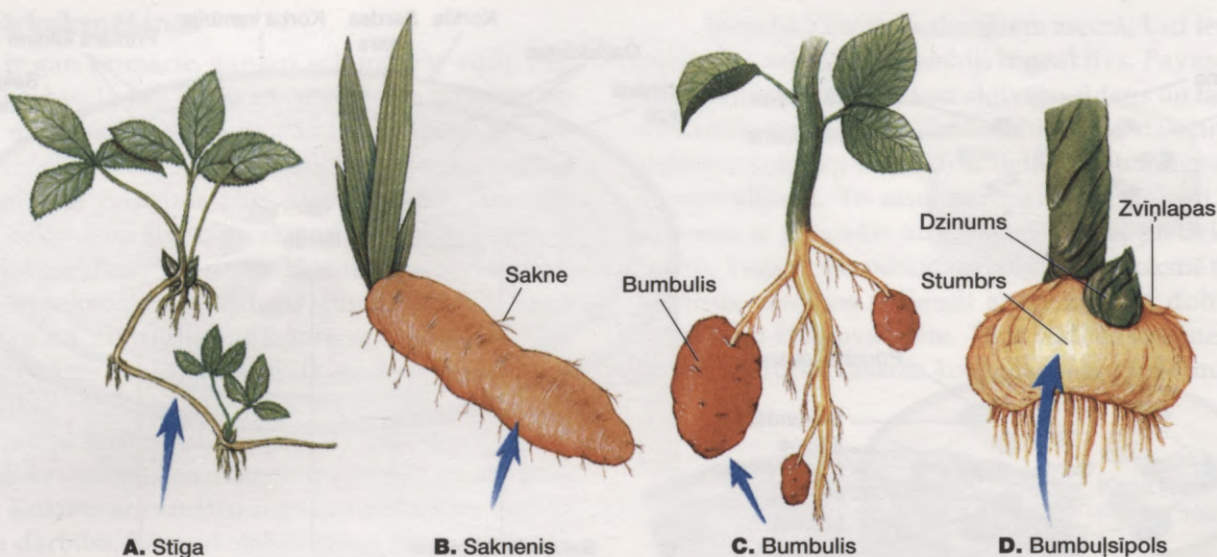
Koku mizu veido korķis, korņa kambijs, primārā miza un lūksne. Kaut arī no vaskulārā kambija katru gadu veidojas arī sekundārā lūksne, šis pieaugums tomēr nav tik izteikts kā sekundārajā koksne. Lūksnes audi ir mīksti, tādēļ viegli atdalāmi no stumbra. Stumbram tie ir ļoti nozīmīgi audi, jo veic organisko vielu transportu.

Korņa kambijs ir sānu meristēma, kas izveidojas zem segaudiem. Korņa kambija šūnām daloties, veidojas jaunas šūnas ar pārkorķotiem šūnapvalkiem. Šīs korņa šūnas nomaina epidermu. Korņa šūnas ir nedzīvas, un to šūnapvalkos

uzkrājas korķviela suberīns, kas tos padara ūdensnecaurlaidīgus. Korķis koka stumbru efektīvi aizsargā no nelabvēlīgiem faktoriem – fitopatogēnu iekļūšanas, temperatūras svārstībām un dzīvniekiem. Tā kā korķis ir ūdens un gaisa necaurlaidīgs, tad stumbrā gāzu maiņu nodrošina **lenticeles**, ko veido irdeni sakārtotas korņa šūnas, kuru šūnapvalkos nav uzkrājies suberīns.

Iespējams, ka evolūcijā pirmie attīstījušies kokveida ziedaugi, bet lakstaugi attīstījušies vēlāk. Vai kokaugiem ir kādas priekšrocības? Ja ir pietiekami daudz nokrišņu, kokaugi var izaugt garāki, jo vadaudi pa to stumbru piegādā ūdeni un minerālvielas lapām. Stumbra vadaudi arī balsta koka lapotni. Tomēr kokaugu sekundārajai augšanai, kā arī auga sagatavošanai ziemošanai ir nepieciešama enerģija. Augdams ilgi vienā vietā, koks piesaista vairāk parazītu un augēdāju. Kokaugi parasti nevairojas, pirms sasniedz vairāku gadu vecumu. Pa šo laiku pastāv iespēja tikt savainotiem vai saslimt.

Kokaugi aug resnumā ar vaskulārā kambija un korņa kambija palīdzību. To stumbru veido 3 sastāvdaļas: miza (sastāv no korņa, korņa kambija un lūksnes), koksne (sastāv no gadskārtām) un serde.



1.17. attēls. Stumbra pārveidnes

A. Zemenēm raksturīgas horizontālas virszemes stumbra pārveidnes, ko sauc par stīgām. Katrā mezgla vietā veidojas jauna sakņu sistēma. **B.** Īrisa horizontālo pazemes stumbra pārveidni sauc par sakneņiem. **C.** Kartupeļiem ir izveidojušās pazemes stumbra pārveidnes, ko sauc par bumbuļiem. **D.** Gladiolu bumbuļsīpols ir stumbra pārveidne, kas klāta ar sulīgām zviņlapām.

Stumbru daudzveidība

Stumbra pārveidnes ir parādītas 1.17. attēlā. No horizontālajiem virszemes stumbriem, ko sauc par **stīgām**, mezglu vietās veidojas jauni augi, kuriem, pieskaroties zemei, attīstās saknes. Tipisks šādas stumbra pārveidnes piemērs ir zemene.

Horizontālie pazemes stumbri, ko sauc par **sakneņiem**, var būt gan tievi un gari, piemēram, vārpatai, gan arī resni un sulīgi, piemēram, īrisam. Sakneņi palīdz izdzīvot ziemā un nodrošina bezdzimumvairošanos, jo katrā mezgla vietā veidojas pumpurs. Dažkārt sakneņiem ir izveidojušies paplašinājumi, ko sauc par **bumbuļiem**, un tajos uzkrājas rezerves barības vielas. Bumbuļi ir, piemēram, kartupeļi. To "acis" ir pumpuri, kuri izvietojušies mezglu vietās.

Bumbuļsīpoli ir pazemes stumbra pārveidnes, ar kurām augi, tāpat kā ar sakneņiem, var pārziemot. Arī no bumbuļsīpoliem nākamajā veģetācijas periodā attīstās jauni augi. Šādas pārveidnes ir, piemēram, gladiolām. Dārzkopji amatieri dažkārt bumbuļsīpolus arī sauc par **sīpoliem**, tomēr botāniķi sīpolus uzskata par atsevišķu stumbra pārveidņu veidu, jo tie sastāv no zviņlapām.

Vertikālajiem virszemes stumbriem arī var būt pārveidnes. Piemēram, kaktusiem ir raksturīgas sulīgas stumbra pārveidnes, kurās uzkrājas ūdens. Vīnogu stīgas ir stumbra pārveidnes, kuras veic tvērējfunkciju.

Cilvēki ir iemācījušies dažādi izmantot stumbrus. No cukurniedru stumbriem iegūst cukuru. Kanēli un hinīnu iegūst no dažādu augu mizas. Turpmāk tiks aplūkota koksnes sevišķi lielā nozīme cilvēka dzīvē.

Koksnes izmantošana

Cilvēks koksni izmanto jau kopš aizvēsturiskiem laikiem. Ļoti daudz koku tiek izmantoti kokmateriālu iegūšanai. Kokmateriālu ražošanā ir daudz atkritumu, kurus var izmantot celulozes, šķiedru un kurināmā ieguvei. Nākamajā lappusē aprakstīts, kā no celulozes iegūst papīru.

Saplāksnis ir plāns, vienmērīga biežuma koksnes slānis. Salīmējot vairākus splāksņus tā, lai katra virsējā splāksņa šķiedras atrastos perpendikulāri blakus pielīmētā splāksņa šķiedrām, iegūst ļoti izturīgu materiālu, ko sauc par finieri. Bieži vien finiera iekšējās kārtas līmē no lētākas koksnes, bet ārējās – no kāda cēlkoka, tādējādi iegūstot izturīgas cēlkoka imitācijas kokmateriāla plāksnes. Finieri plaši izmanto celtniecībā, mēbeļu ražošanā, rotaļlietu ražošanā un pat mašīnbūvniecībā. Sadzīvē plaši izmanto presētā kartona un skaidu plāksnes. No kokmateriāliem gatavo dēļus, elektrības un telefona stabus, guļbūves balķus, kā arī būvē žogus.

Koksnei ir vēl cits pielietojums. No kļavas koksnes izgatavo kroketa bumbuļas, kā arī koka figūras. To izmanto arī sporta zāļu grīdu segumiem. No oša taisa cirvju kātus, beisbola nūjas. Kādreiz no tā izgatavoja arī tenisa un badmintona raketes. Egli izmanto mūzikas instrumentu, piemēram, vijoļu, ģitāru un citu stīgu instrumentu izgatavošanai.

Uzziniet tuvāk

► Papīra iegūšana no augiem

Papīrs savu nosaukumu ieguvis no papirusa – auga, ko senie ēģiptieši izmantoja, lai izgatavotu pirmo papīru. Ēģiptieši no papirusu stiebrēm izgatavoja loksnes, ko pēc tam sasēja ruļļos. Aptuveni 5500 gadu laikā, kopš ticis izgatavots pirmais papīrs, papīra rūpniecība ir kļuvusi par vienu no svarīgākajām rūpniecības nozarēm pasaulē. Papīra ražošanas process ir diezgan vienkāršs. Augu materiāls tiek mehāniski sasmalcināts un ķīmiski apstrādāts. Tā rodas celuloze, kas satur šķiedras, kuras pēc anatomiskās uzbūves ir trahejas un traheidas – koksnes vadaudi. Celulozes masa slīd pāri lentei, kas noklāta ar smalku sietu. Tā atdalās liekais ūdens. Mitrais papīrs slīd cauri veltņiem un karstiem cilindriem, kas to sapresē un izžāvē. Gatavais papīrs tiek satīts lielos ruļļos.

Var iegūt dažādus papīra veidus, izmantojot dažādu augu materiālu un tā apstrādes paņēmienus. Lūk, svarīgākie augi, ko izmanto papīra ražošanai.

Eikalīpti. Pēdējos gados Brazīlijā ar klonētiem eikalīptiem ir apstādītas milzīgas platības. Šie augi ir īpaši selekcionēti, lai tos varētu nocirst jau pēc 7 gadiem.

Mērenā klimata lapu koki. Kanādā papīra ražošanai tiek audzētas milzīgas bērzu, dižskābaržu, kastaņu un apšu plantācijas. Tropsu lapu kokus audzē galvenokārt Dienvidaustrumu Āzijā.

Skuju koki. Viens no visā pasaulē papīra ieguvei vairāk izmantotajiem kokiem ir priede. Tiek veikta šo koku selekcija ar mērķi iegūt pēc iespējas blīvāku koksni un saīsināt to augšanas laiku.

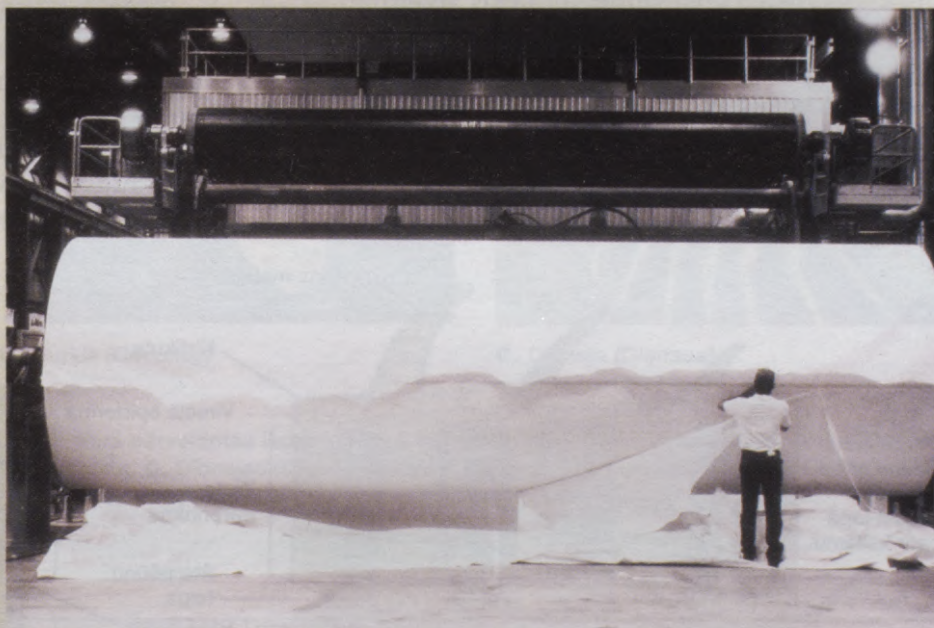
Bambusi. Celulozes iegūšanai bambusus audzē galvenokārt dažādās Āzijas valstīs, īpaši Indijā. Bambusu koksni var iegūt, nebojājot to saknes. Tie ir ātri augošas graudzāles un tāpēc ļoti izdevīgs celulozes avots, kaut arī šī izejmateriāla attīrīšanas procesa izmaksas ir samērā lielas.

Lini un kokvilna. Linu un kokvilnas šķiedras tiek izmantotas īpaši izturīga papīra ražošanai, kas nepieciešams oficiāliem dokumentiem. Šāds papīrs ir ļoti izturīgs un ilgmūžīgs.

Papīru parasti izgatavo no celulozes, kas ir galvenā augu šūnapvalku sastāvdaļa, bet to var izgatavot arī no dažādām sintētiskām izejvielām. No mākslīgiem materiāliem ražotā papīra kvalitāte parasti ir labāka nekā no dabiskajām izejvielām ražotajam papīram. Tomēr jāatzīst arī, ka sintētiskā papīra ražošanas izmaksas ir pārāk augstas. Papīra iegūšana rada arī ekoloģiskas problēmas. Lielās platībās audzēts klonētu koku mežs aug dabisko ekosistēmu vietā, bet pēc šāda meža izciršanas šīs zemes

platības paliek kailas. Papīra ražošanas rezultātā ūdeņi bieži tiek piesārņoti ar indīgiem ķīmiskajiem atkritumiem.

Papīra izmantošana iesaiņojamā materiāla un citu produktu ražošanā šajā gadījumā ir ievērojami palielinājusies. Amerikas Savienotajās Valstīs katrs iedzīvotājs gadā izmanto vidēji 318 kilogramus papīra ražojumu, savukārt Indijā – tikai 2,3. Tādējādi kļūst skaidrs, cik liela nozīme ir papīra atkārtotai pārstrādāšanai. Pēc avižpapīra, biroja papīra vai jebkura cita papīra izmērcēšanas ūdenī celulozes šķiedras atkal kļūst izmantojamas jauna papīra ražošanai. Piemēram, avižu atkārtota pārstrādāšana varētu aiztaupīt ļoti daudzus koku izciršanu.



1.B. attēls. Papīra ražošana

Šāda papīra rūpniecības mašīna Nr. 35 Alabamas štatā ik stundu saražo 10 m platu biroja papīra rulli.

1.6. Lapu uzbūve

Lapas ir vaskulāro augu fotosintēzes orgāns. Kā jau iepriekš minēts, lapa parasti sastāv no **lapas plātnes** un **lapas kāta**, kas lapas plātni savieno ar auga stumbru. Lapas var būt vienkāršas vai arī saliktas, kas sastāv no daudzām lapiņām. Aplūkojot lapu no ārpuses, var saskatīt lapas dzīslas, kurās atrodas vadaudi. Lapu dzīslu sakārtojumu sauc par lapu dzīslojumu. Divdīgļlapjiem tas parasti ir tīklveida, bet viendīgļlapjiem – paralēls vai lokveida dzīslojums (1.3. att.). 1.18. attēlā redzams tipiska mērenās klimatiskās joslas divdīgļlapja lapas šķērsriezums. Lapu no virspuses un apakšpuses sedz primārie segaudi – epiderma. Tai bieži ir raksturīgi epidermas izaugumi – matiņi, kas veic galvenokārt aizsargfunkciju. Matiņi var izdalīt arī dažādus sekretus, veicot pievilinātājfunkciju vai atbaidītājfunkciju. Epidermas šūnām parasti raksturīga vaskveida apsarme – **kutikula** (lat. *cutis* – āda), kuras galvenā funkcija ir novērst augam pārmērīgu transpirāciju. Kutikula samazina arī gāzu maiņu, tāpēc parasti lapas apakšējā epidermā ir izveidojušās atveres, ko sauc par atvārsnītēm. Caur atvārsnītēm notiek gāzu maiņa un transpirācija. Katra atvārsnīte sastāv no divām slēdzējšūnām, kuras regulē atvārsnītes spraugas atvērumu.

Lapas pamatmasu veido **mezofils** (gr. *mesos* – vidus un *phyllon* – lapa), kuram var izšķirt divas daļas – **zedeņu parenhīmu**, kas sastāv no cilindriskām, blīvi sakārtotām šūnām, un **čauganā parenhīmu**, ko veido irdens šūnu slānis ar lielām starpšūnu telpām. Zedeņu parenhīma veic galvenokārt asimilētājfunkciju, un tās šūnās ir salīdzinoši daudz

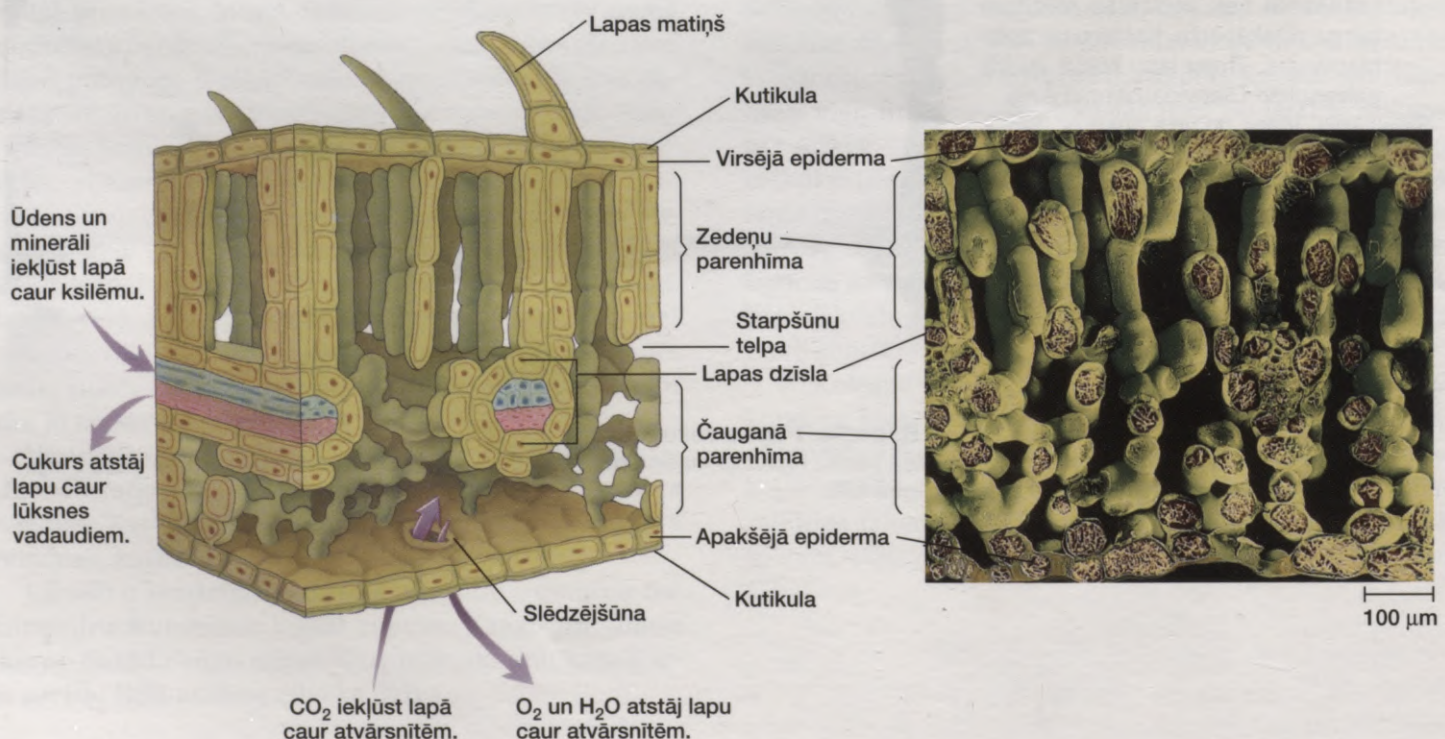
hloroplastu. Čauganās parenhīmas galvenā funkcija ir gāzu maiņas un transpirācijas nodrošināšana, tādēļ tai raksturīgas lielas starpšūnu telpas.

Lapu dažādība

Lapa var būt vienkārša vai salikta. Saliktai lapai raksturīgas divas vai vairākas lapiņas pie lapas kāta (1.19. att.). Lapām var būt ļoti atšķirīgs dzīslojums, kā arī visai dažāda lapas plātnes forma, lapas mala, lapas plātnes pamatne un galotne.

Lapas ir pielāgojušās vides apstākļiem. Ēnmiļiem raksturīgas lielas lapas plātnes, bet tuksneša augiem lapas ir reducētas un to atvārsnītes ir iegrimušas. Kaktusa ērkšķi morfoloģiski ir pie sulīgiem stumbriem piestiprinātas lapas (1.20. att. B). Citu sukulentu lapas ir pielāgojušās ūdens uzkrāšanai.

Sīpols ir virszemes vasas pārveidne ar sulīgām zvīņlapām, kas piestiprinātas īsam stumbram. Kāpostam lielas, sulīgas lapas pārklāj cita citu. Rabarberiem un kātu selerijām ir liels un sulīgs lapas kāts. Zirņu un gurķu vītnes arī ir lapu pārveidnes, ar kurām augi piestiprinās atbalstam (1.20. att. B). Dažu augu lapas ir pielāgojušās kukaiņu ķeršanai. Raseņu lapām raksturīgi asi epidermas izaugumi, kas pievilina kukaiņus un izdala gremošanas fermentus. Dionejas lapām raksturīgi enģveida slēdzējmechānismi, kas sakļauj lapas, kad to matiņiem pieskaras kukainis (1.20. att. C). Pīpkoka lapas atgādina pīpi, un tām ir lejuvērsti matiņi, kas ievilina kukaiņus un notur tos, līdz lapu izdalītie gremošanas enzīmi tos sagremo. Kukaiņēdāji augi parasti aug purvainās vietās, kur augsne ir ierobežots slāpekļa daudzums. Kukaiņi nodrošina augus ar organisko slāpekli.

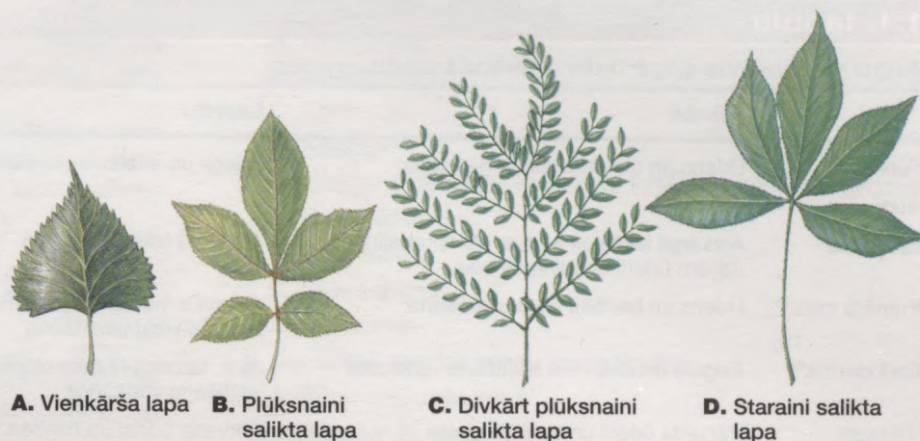


1.18. attēls. Lapas uzbūve

Fotosintēze notiek lapas mezofila audos. Lapas dzīslās atrodas lūksnes un koksnes vadaudi, pa kuriem pārvietojas ūdens un tajā izšķīdušās vielas. Lapu no virspuses un apakšpuses sedz epiderma. Šī šūnu kārtā izdala vaskvielu kutīnu, veidojot kutikulu. Arī lapas izaugumi matiņi veic aizsargfunkciju. Epidermā ir atvārsnītes, kas nodrošina gāzu maiņu.

1.19. attēls. Lapu klasifikācija

A. Vienkārša lapa B–D. Saliktas lapas

A. Kaktuss opuncija (*Opuntia*)B. Gurķis (*Cucumis*)C. Dioneja (*Dionaea*)

1.20. attēls. Lapu pārveidnes

A. Kaktusa opuncijas (*Opuntia*) ērkšķi. Opuncija ir augs, kura pārveidotās lapas pasargā sulīgo stumbru no dzīvniekiem. B. Gurķa (*Cucumis*) vītnes ir lapu pārveidnes, ar kurām augs pieķeras pie atbalsta. C. Dionejas (*Dionaea*) lapas ir pielāgojušās kukaiņu ķeršanai. Tiklīdz kukainis pieskaras lapām, tās sakļaujas. Pēc sakļaušanās tās izdala gremošanas enzīmus, kas sašķel kukaiņu mīkstās daļas.

Pārskats

Iespējams, ka daudzšūnu aļģes ir radniecīgas augiem, jo daudzšūnu uzbūve ir priekšnoteikums specializētu audu attīstībai sauszemes organismos – augos. Uz sauszemes atšķirībā no ūdens vides augiem pastāv risks izžūt. Pat mitrs gaiss ir sausāks par dzīvas šūnas saturu, tāpēc ūdens zudumu novēršana augiem ir ļoti nozīmīga. Epiderma un tās šūnu izdalītā kutikula novērš ūdens zudumus un pārkaršanu tiešā saules gaismā. (Tā augu pasargā arī no baktēriju, sēņu un nelielu kukaiņu iekļūšanas.) Īpašs kokaugu aizsargpielāgojums ir korkis, kurā gāzu maiņu nodrošina tikai lenticeles.

Ūdens vidē ūdens ir pieejams visām šūnām, bet sauszemes augiem ir nepieciešams to uzņemt un transportēt. Orgāns, ar kuru augi uzņem ūdeni, ir saknes. Tām ir īpaši izaugumi – spurgaliņas, kas palielina uzsūcējvirsmu. Pa koksnes vadaudiem ūdens pārvietojas uz visām auga daļām. Nākamajā nodaļā tiks aplūkots sausa gaisa nozīme ūdens transportēšanā no auga saknēm uz lapām. Saknes augu nostiprina augsnē, bet nepiedalās fotosintēzē. Lūksne nodrošina cukuru transportu lejup pa augu uz saknēm.

Ūdens vidē augus balsta un notur ūdens, bet sauszemes augiem nepiecie-

šams pretoties Zemes pievilkšanas spēkam. Augu stumbros atrodas sklerenhīmas šūnas, traheīdas un trahejas ar bieziem šūnapvalkiem. Ikgadējais koksnes pieaugums redzams stumbra gadskārtās. Stumbrs balsta koku un ļauj tam augt garumā.

Ūdens vidē gametas un zigota ir pasargāta no izžūšanas. Kā redzams šīs daļas pēdējās četrās nodaļās, ziedaugu vairošanās nav atkarīga no ūdens un tiem ir attīstījušies tādi vairošanās orgāni, kas novērš gametu, zigotu un dīgļu izžūšanu.

1.1. tabula

Augu veģetatīvie orgāni un galvenās audu grupas

	Saknes	Stumbri	Lapas
<i>Funkcija</i>	Ūdens un minerālvielu uzņemšana	Ūdens un minerālvielu transports	Fotosintēze
<i>Audi</i>			
Epiderma*	Aizsargā iekšējos audus. Ar spurgaliņām uzņem ūdeni un minerālvielas	Aizsargā iekšējos audus	Aizsargā iekšējos audus. Atvārsnītes nodrošina gāzu maiņu
Primārā miza**	Ūdens un barības vielu uzkrāšana	Ja tajā ir hloroplasti, notiek fotosintēze. Barības vielu uzkrāšana	—
Endoderma**	Regulē minerālvielu iekļūšanu vadaudos	Ja ir, tad regulē minerālvielu iekļūšanu vadaudos	—
Vadaudi	Pārvada ūdeni un barības vielas	Pārvada ūdeni un barības vielas	Pārvada ūdeni un barības vielas
Serde**	Fotosintēzes produktu un ūdens uzkrāšana	Fotosintēzes produktu uzkrāšana	—
Mezofils**	—	—	Fotosintēzes norises vieta

Piezīme: augu audi pieder pie vienas no trim grupām:

* segaudi

** pamataudi

Kopsavilkums

1.1. Augu orgāni

Ziedaugiem ir trīs veģetatīvie orgāni. Ar saknēm augs nostiprinās augsnē, uzņem ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām; tajās uzkrājas barības vielas (1.1. tab.). Stumbrs balsta lapotni, transportē vielas no saknēm uz lapām un otrādi; tajā arī uzkrājas barības vielas. Lapās notiek fotosintēze.

1.2. Viendīgļlapji un divdīgļlapji

Ziedaugus iedala viendīgļlapjos un divdīgļlapjos pēc dīgļlapu skaita, vadaudu izvietojuma stumbros, saknēs un lapās, kā arī zieda daļu skaita.

1.3. Audi – augu orgānu veidotāji

Augos nepārtraukti dalās trīs veidu meristēmu šūnas. No tām veidojas specializētie audi. No protodermas veidojas segaudi, no pamatmeristēmas – pamataudi, bet prokambijs dod sākumu primārajiem vadaudiem.

Jaunos augu orgānus sedz epiderma. Dažos augu orgānos tā ir pārveidojusies. Piemēram, saknēm ir raksturīgi epidermas izaugumi – spurgaliņas, bet lapas epidermā atrodamas atvārsnīšu slēdzējšūnas.

Pamataudi sastāv galvenokārt no parenhīmas šūnām, kurām raksturīgs plāns šūnapvalks. Ja parenhīmas šūnās atrodas hloroplasti, tajās notiek fotosintēze. Kolenhīmas šūnām vērojams nevienmērīgs šūnapvalka uzbiezējums, bet sklerenhīmas šūnas ir dobas un nedzīvas, ar biezu šūnapvalku. Kolenhīma un sklerenhīma veic balsta funkciju.

Vadaudus veido koksne un lūksne. Koksnes vadaudi ir trahejas un traheidas. Tās ir izstieptas, slaidas šūnas ar porainu šūnapvalku. Pa koksnes vadaudiem pārvietojas ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām. Lūksnes vadaudi ir sietstobri, pa kuriem pārvietojas organisko vielu šķīdumi. Katram sietstobram ir pavadītājšūna.

1.4. Sakņu uzbūve

Saknes galā ir trīs zonas: šūnu dališanās zona (apikālā meristēma), ko aizsargā saknes uzdeva; stiepšanās zona un uzsūcējzona.

Divdīgļlapja lakstauga saknes šķērsgrīzumā var saskatīt epidermu (veic aizsargfunkciju), primāro mizu (veic uzkrājējfunkciju), endodermu (regulē minerālvielu iekļūšanu saknes vadaudos) un centrālo cilindru (veic vielu transportu). Divdīgļlapju saknes centrālajā cilindrā koksne izvietojusies starveidīgi, bet lūksnes grupas atrodas starp šiem stariem.

Viendīgļlapju saknēm raksturīgs vadaudu gredzens, kurā pamīšus sakārtotas koksnes un lūksnes grupas, kas apņem serdi.

Augiem sastopami trīs sakņu veidi: mietsaknes, bārķsaknes un piesaknes jeb adventīvās saknes.

1.5. Stumbra uzbūve

Stumbra primārās augšanas rezultātā tas stiepas garumā. Šo augšanu nodrošina stumbra galotnes pumpura apikālā meristēma. Pumpuru veido lapu aizmetņi, kas piestiprinājušies mezglu vietās. Stumbra daļas starp mezgliem sauc par posmiem. Stumbriem augot, posmi pagarinās.

Šķērsgrīzumā divdīgļlapju lakstaugu stumbros var izšķirt epidermu, primāro mizu, gredzenveidā sakārtotus vadaudu kūlīšus un serdi. Viendīgļlapju stumbros vadaudu kūlīši ir izklaidus, bet primārā miza un serde nav izteikta.

Kokaugu stumbra sekundāro augšanu nodrošina vaskulārais kambijs, no kura katru gadu veidojas jaunas lūksnes un koksnes kārtas, un korķa kambijs, no kura veidojas korķa šūnas. Kokaugu stumbros korķis nomaina epidermu. Kokaugu stumbra šķērsgrīzumos var redzēt mizu, koksni un serdi. Miza sastāv no korķa un lūksnes, bet koksni veido gadskārtas. Augiem ir stumbra pārveidnes, piemēram, horizontāli virszemes vai pazemes stumbri. Stumbra pārveidnes ir arī bumbuļsīpoli un dažu augu vītnes.

1.6. Lapu uzbūve

Lapas šķērs griezumā redzams, ka to no virspuses un apakšpusē sedz epiderma. Apakšējā epidermā parasti atrodas atvārsnītes. Lapas dzīslās izvietojušies vadaudi.

Lapām var būt dažādas pārveidnes. Kaktusu ērkšķi ir lapu pārveidnes. Citiem sukulentiem raksturīgas sulīgas lapas. Sīpols ir pazemes vasa ar sulīgām zviņlapām. Arī zirņu vītnes ir lapas. Kukaiņ-ēdāju augu lapas ir pielāgojušās kukaiņu satveršanai.

Pārbaudiet sevi

- Nosaučiet un raksturojiet augu veģetatīvos orgānus! 4.–6. lpp
- Nosaučiet piecas pazīmes, ar ko viendīgļlapji atšķiras no divdīgļlapjiem! 6. lpp.
- Salīdziniet epidermas šūnas ar korķa šūnām! Kāda veida augu audos šīs šūnas atrodas? Nosaučiet epidermas pārveidnes dažādos augu orgānos! 7. lpp.
- Salīdziniet parenhīmas, kolenhīmas un sklerenhīmas šūnu uzbūvi un funkcijas! Kāda veida augu audos šīs šūnas atrodas? 8. lpp.
- Salīdziniet koksnes un lūksnes uzbūvi un funkcijas! Kāda veida augu audos atrodas lūksne un koksne? 8.–9. lpp.
- Nosaučiet un raksturojiet saknes gala zonas! Uzzīmējiet ūdens un minerālvielu pārvietošanās ceļu no spurgaliņām līdz saknes koksnes vadaudiem! Neaizmirstiet Kaspari svītras! 10.–11. lpp.
- Raksturojiet trīs galvenos sakņu veidus un nosaučiet dažādas sakņu pārveidnes! 12. lpp.
- Raksturojiet stumbra primāro un sekundāro augšanu! 14.–16. lpp.
- Raksturojiet viendīgļlapja un divdīgļlapja lakstauga un kokauga stumbru šķērs griezumā! 15.–17. lpp.
- Raksturojiet stumbra pielāgošanos dažādiem augšanas apstākļiem, minot atšķirīgus piemērus! 18. lpp.
- Raksturojiet tipiskas divdīgļlapja lapas uzbūvi un funkcijas! 20. lpp.
- Nosaučiet dažādus lapu pārveidņu veidus! 20. lpp.
- Nosaučiet un raksturojiet galveno audu grupu funkcijas katrā augu orgānā! 22. lpp.

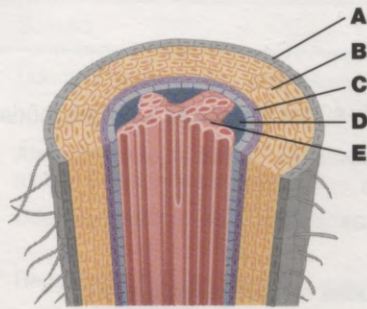
Tests

Izvēlieties vienu pareizāko atbildi uz katru jautājumu!

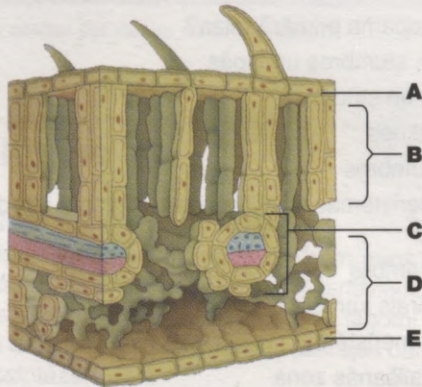
- Kurš no dotajiem viendīgļlapju un divdīgļlapju salīdzinājumiem **nav** pareizs?
 - viendīgļlapji – divdīgļlapji
 - A. Viena dīgļlapa – divas dīgļlapas
 - B. Paralēls lapu dzīslējums – tīklveida lapu dzīslējums
 - C. Vadaudu kūlīši stumbrā sakārtoti gredzenveidā – vadaudu kūlīši izkaisīti pa stumbru
 - D. Visi salīdzinājumi ir nepareizi

- Kura veida šūnām piemīt vislielākā dalīšanās spēja?
 - A. Parenhīmai
 - B. Meristēmai
 - C. Epidermai
 - D. Koksnei
- Kuru augu audu šūnas veic savas funkcijas, būdamas nedzīvas?
 - A. Parenhīmas
 - B. Kolenhīmas
 - C. Sklerenhīmas
 - D. Epidermas
- Kur saknē atrodas sakņu spurgaliņš?
 - A. Šūnu dalīšanās zonā
 - B. Stiepšanās zonā
 - C. Uzsūcējzonā
 - D. Visās minētajās zonās
- Kur ir sastopama primārā miza?
 - A. Saknēs, stumbros un lapās
 - B. Saknēs un stumbros
 - C. Tikai saknēs
 - D. Tikai stumbros
- Kā sauc meristēmas slāni, kas koku stumbrā atrodas starp mizu un koksni?
 - A. Korķa kambijs
 - B. Vaskulārais kambijs
 - C. Apikālā meristēma
 - D. Šūnu dalīšanās zona
- Kurā auga lapas daļā galvenokārt notiek fotosintēze?
 - A. Epidermā
 - B. Mezofilā
 - C. Lapas dzīslās
 - D. Atvārsnītes slēdzējšūnās
- Kas ir stumbra gadskārtas?
 - A. Posmu skaits
 - B. Vadaudu kūlīšu gredzenu skaits viendīgļlapju stumbrā
 - C. Sekundārās koksnes slāņu skaits stumbrā
 - D. B un C ir pareizās atbildes
- Kur atrodas Kaspari svītras?
 - A. Starp visām epidermas šūnām
 - B. Starp koksnes un lūksnes šūnām
 - C. Uz endodermas šūnu visām četrām pusēm
 - D. Parenhīmas šūnu sekundārajā šūnapvalkā
- Kurš no nosauktajiem ir stumbrs?
 - A. Burkāna mietsakne
 - B. Zemeņu stīga
 - C. Kaktusa ērkšķis
 - D. B un C ir pareizās atbildes

11. Sameklējiet, ar kādiem burtiem attēlā ir apzīmēta endoderma, koksne, lūksne, serde un epiderma!



12. Sameklējiet, ar kādiem burtiem lapas attēlā ir apzīmēta lapas dzīsla, apakšējā epiderma, čauganā parenhīma, zedeņu parenhīma un virsējā epiderma!



Papildjautājumi

- Uzbūve atbilst funkcijai.**
Kā divdīgļlapju lapas uzbūve ir pielāgota fotosintēzes veikšanai?
- Dzīvājiem organismiem ir noteikta uzbūve.**
Pierādiet, ka augam raksturīga noteikta struktūra visos tā uzbūves līmeņos!
- Organismi ir pielāgojušies videi.**
Kā koksnes (ksilēmas) gredzeni palīdz augam dzīvot uz sauszemes?

Multimediju izmantošana

Tēmu par auga uzbūvi un funkcijām apgūt palīdzēs šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums apgūt palīdzēs Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



Dabaszinātņu videofilmas

Videofilmas #5: Plant Biology/Evolution/Ecology
Journey into a Leaf (#46)

Jēdzienu izpratne

Apikālā meristēma 10. lpp.	Meristēma 6. lpp.
Atvārsnīte 7. lpp.	Mezglis 5. lpp.
Bārkšsakne 12. lpp.	Mezofils 20. lpp.
Centrālais cilindrs 8. lpp.	Pamataudi 7. lpp.
Čauganā parenhīma 20. lpp.	Parenhīma 8. lpp.
Daudzgadīgs 4. lpp.	Pericikls 11. lpp.
Divdīgļlapis 6. lpp.	Piesakne 12. lpp.
Dīgļlapa 6. lpp.	Posms 5. lpp.
Dzinuma apikālā meristēma 14. lpp.	Primārā miza 11. lpp.
Dzinums 4. lpp.	Primārā sakne 12. lpp.
Endoderma 11. lpp.	Pumpurs 14. lpp.
Epiderma 7. lpp.	Saknenis 18. lpp.
Gadskārta 17. lpp.	Sakņu sistēma 4. lpp.
Kaspari svītra 11. lpp.	Segaudi 7. lpp.
Koksne 8. lpp.	Segsēklis 3. lpp.
Kolenhīma 8. lpp.	Serde 11. lpp.
Korķa kambijs 17. lpp.	Sklerenhīma 8. lpp.
Korķis 7. lpp.	Spurgaliņa 7. lpp.
Kutikula 7. lpp.	Stīga 18. lpp.
Lakstaugu stumbrs 14. lpp.	Stumbrs 5. lpp.
Lapa 5. lpp.	Vadaudi 7. lpp.
Lapas dzīsla 6. lpp.	Vadaudu kūlītis 6. lpp.
Laterālā meristēma 16. lpp.	Vaskulārais kambijs 14. lpp.
Laterāls 4. lpp.	Viendīgļlapis 6. lpp.
Lūksne 8. lpp.	Zedeņu parenhīma 20. lpp.
	Žākles pumpurs 5. lpp.

Sameklējiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- _____ – iekšējais, biežākais lapas slānis, kas sastāv no zedeņu parenhīmas un čauganās parenhīmas. Vieta, kur galvenokārt notiek fotosintēze.
- _____ – laterālā meristēma, no kuras veidojas sekundārā lūksne un sekundārā koksne.
- _____ – vāji diferencēti audi, kas satur plastīdas un atrodas visos augu orgānos.
- _____ – koku mizas ārējais slānis; sastāv no nedzīvām šūnām, kas var nolobīties.
- _____ – saknēm līdzīgs pazemes stumbrs.
- _____ – auga dīgļlapa, kas dažkārt augošu dīgļi nodrošina ar barības vielām, līdz tā īstās lapas sāk fotosintēzi.
- _____ – horizontāli virszemes stumbri, no kuriem mezglu vietās attīstās jauni augi (piemēram, zemenēm).
- _____ – vadaudi, pa kuriem augā pārvietojas organisko vielu šķīdumi. Tos veido sietstobri un pavadītājšūnas.
- _____ – vadaudi, pa kuriem augā virzienā no saknēm uz augšu pārvietojas ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām.
- _____ – vaskveida slānis, ko uz āru izdala augu epiderma. Tas ierobežo transpirāciju un pasargā augu no slimību izraisītājiem.

Augu minerālā barošanās un transporta sistēmas

2.

N O D A Ļ A

Nodaļas saturs

2.1. Augiem nepieciešamās minerālvielas

- Augiem ir nepieciešamas dažādas minerālvielas (piemēram, NO_3^- , K^+ , Ca^{2+}). Citas minerālvielas ir nepieciešamas tikai noteikta veida augiem. 26. lpp.
- Minerālvielu joni hemiosmozes ceļā pārvietojas cauri plazmatiskajai membrānai. 28. lpp.
- Augi ir dažādi pielāgojušies minerālvielu uzņemšanai; īpaši interesants piemērs ir simbioze. 28. lpp.

2.2. Ūdens pārvietošanās augā

- Augu vadaudu sistēma ļauj augiem dzīvot uz sauszemes. 30. lpp.
- Pa koksnes vadaudiem pārvietojas minerālvielu ūdens šķīdumi, bet pa lūksnes vadaudiem pārvietojas organisko vielu šķīdumi. 30. lpp.
- Saknes audi ir sakārtoti tā, lai ūdens pēc iekļūšanas saknē caur segaudiem iespējami ātrāk nonāktu koksnes vadaudos. 32. lpp.
- Tā kā starp ūdens molekulām pastāv kohēzijas spēki, bet adhēzija tās pievelk pie koksnes vadaudu šūnapvalkiem, ūdens kapilārs koksnes vadaudos ir nepārtraukts. 33. lpp.
- Transpirācijas rezultātā koksnes vadaudos veidojas negatīvs spiediens, kas ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām velk pa koksnes vadaudiem no saknēm augšup uz lapām. 33. lpp.
- Lai notiktu transpirācija, atvārsnītēm jābūt atvērtām. 34. lpp.

2.3. Organisko vielu transports augā

- Saharozes aktīvais transports lūksnes vadaudos rada pozitīvu spiedienu, kura ietekmē organiskās vielas lūksnes vadaudos pārvietojas no to veidošanās vietas uz patēriņa vai uzkrāšanās vietām. 36. lpp.



Pelargonijas (*Pelargonium*) sakņu sistēma

Ogleklis (C), skābeklis (O), ūdeņradis (H), slāpeklis (N), kālijs (K), kalcijs (Ca) un citi ķīmiskie elementi noteiktā daudzumā ir nepieciešami augiem. Gāzes, piemēram, CO_2 un O_2 , augi uzņem caur lapām, bet caur saknēm tie absorbē ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām NO_3^- , K^+ un Ca^{2+} jonu veidā. Augiem atšķirībā no dzīvniekiem piemīt apbrīnojama spēja sevi uzkrāt daudz minerālvielu. Augi minerālvielas uzkrāj daudz lielākā daudzumā, nekā tās ir augsnē. Dažiem augiem, piemēram, tauriņziežiem, raksturīga simbioze ar baktērijām, kas fiksē gaisa slāpekli un tā padara to izmantojamu augiem. Tāpēc tauriņziežos, piemēram, pupās, ir augsts proteīnu saturs.

Cilvēka organismā sirds sūknē asinis, kas satur minerālvielas, sāļus un citas vielas. Augos šāda sūknēšanas mehānisma nav, tomēr vielas pārvietojas virzienā no saknēm uz lapām un otrādi. Kā tas ir iespējams? Ūdens unikālās īpašības nodrošina tā pārvietošanos pa koksnes vadaudiem, bet vielu transports pa lūksni notiek osmozes dēļ.

2.1. Augiem nepieciešamās minerālvielas

Lai sintezētu organiskās vielas, augiem nepieciešami tikai neorganiskie savienojumi. **Neaizvietojamie neorganiskie elementi:** 1) spēj nodrošināt noteiktas auga funkcijas; 2) tos nevar aizstāt neviens cits elements; 3) to trūkuma gadījumā augs iet bojā.

Neaizvietojamie neorganiskie elementi ir ogleklis, ūdeņradis un skābeklis, un tie veido 96 % no augu sausās masas. Oglekļa dioksīds (CO_2) ir augu oglekļa avots, bet ūdeņraža avots ir ūdens (H_2O). Skābekli augs var iegūt no atmosfērā esošā skābekļa, oglekļa dioksīda vai ūdens. 2.1. tabulā minētos neaizvietojamos elementus augs uzņem no augsnes. Visus elementus iedala **makroelementos** un **mikroelementos** pēc to daudzuma augos. Slāpeklis (N) ir svarīga gaisa sastāvdaļa, tomēr augi no gaisa to nespēj uzņemt. Slāpekli tie uzņem no augsnes amonija (NH_4^+) vai nitrāta (NO_3^-) jonu veidā. Augsnes baktērijas parasti spēj oksidēt amonija jonus par nitrātajoniem, ko augs spēj uzņemt. 28.–29. lappusē tiks stāstīts, ka dažiem augiem raksturīgas simbiotiskas attiecības ar baktērijām, kas spēj fiksēt atmosfēras slāpekli un padarīt to šiem augiem izmantojamu.

Cita elementu grupa ir **aizvietojamie elementi**. Tie veicina noteiktu augu augšanu. Kosu (*Equisetum*) augšanai nepieciešams silīcijs, bet halofītu, piemēram, cukurbiešu, augšanu veicina nātrijs. Sojas pupiņām gumiņu veidošanai nepieciešams niķelis.

Kas nosaka minerālvielu nepieciešamību?

Sadedzinot augu, slāpeklis izdalās amonjaka un citu gāzu veidā, bet citi minerālelementi paliek pelnos. Noteiktu elementu saturs pelnos nenozīmē, ka šie elementi augiem ir nepieciešami. Populārākā metode minerālelementu funkciju noteikšanai augos tika izstrādāta 19. gs. beigās. Šo metodi sauc par ūdens kultūru metodi jeb **hidroponiku** (gr. *hydrias* – ūdens un *ponos* – smags darbs), un tā raksturota 2.1. attēlā. Hidroponikā audzēti augi normāli aug un attīstās, ja tiem piegādā visus nepieciešamos minerālelementus. Nepievienojot kādu noteiktu elementu ūdens šķīdumam, kurā tiek audzēti augi, un novērojot auga augšanu un attīstību, iespējams secināt, kāda ir dotā elementa nozīme auga dzīvē. Ar šīs metodes palīdzību īpaši precīzi var noteikt makroelementu nozīmi. Lai noteiktu mikroelementu nozīmi, eksperimentā izmantotajiem sāļiem un ūdenim jābūt ķīmiski tīriem, turklāt arī instrumentiem un laboratorijas traukiem jābūt ideāli tīriem. Arī paši sējeņi var noteiktā daudzumā saturēt noteiktus mikroelementus. Visi minētie faktori sarežģī augam nozīmīgu mikroelementu funkciju konstatēšanu ar hidroponikas metodes palīdzību.

Kas nosaka auga spēju uzņemt minerālvielas?

Kā jau iepriekš minēts, neaizvietojamos minerālelementus augs parasti uzņem no augsnes. Minerālvielu saturs augsnē būtiski ietekmē augu minerālo barošanos, bet minerālvielu pārvietošanos augsnē nosaka minerālvielu ūdens šķīduma daudzums un tā pH vērtība. Dažkārt ūdens padara minerālelementu jonus augam uzņemamus, tomēr biežāk ūdens kļūst sāļš vai aizskalo sāļus no augsnes. Jo zemāks ir augsnes pH, jo ātrāk ūdens augsnē kļūst sāļš.

2.1. tabula

Daži neaizvietojamie augu minerālelementi

Elementi	Simboli	Jonu forma	Galvenās funkcijas
<i>Makroelementi</i>			
Slāpeklis	N	NO_3^- , NH_4^+	Ietilpst nukleīnskābju, proteīnu, hlorofila un koenzīmu sastāvā
Kālijs	K	K^+	Enzīmu kofaktors; regulē ūdens režīmu un transpirāciju
Kalcijs	Ca	Ca^{2+}	Regulē atbildes reakcijas uz kairinājumiem, kā arī vielu pārvietošanos cauri plazmatiskajai membrānai; piedalās šūnapvalka veidošanā
Fosfors	P	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	Ietilpst nukleīnskābju, ATP un fosfolipīdu sastāvā
Magnijs	Mg	Mg^{2+}	Ietilpst hlorofila sastāvā; aktīvā daudzu enzīmu
Sērs	S	SO_4^{2-}	Ietilpst aminoskābju un dažu koenzīmu sastāvā
<i>Mikroelementi</i>			
Dzelzs	Fe	Fe^{2+} , Fe^{3+}	Ietilpst citohromu sastāvā, kas piedalās šūnas elpošanā
Mangāns	Mn	Mn^{2+}	Aktīvā daudzu enzīmu, piemēram, Krebsa cikla enzīmu
Bors	B	BO_3^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	Piedalās nukleīnskābju sintēzē, hormonālajās atbildes reakcijās, regulē membrānu funkcijas

2.1. attēls. Augu minerālā barošanās

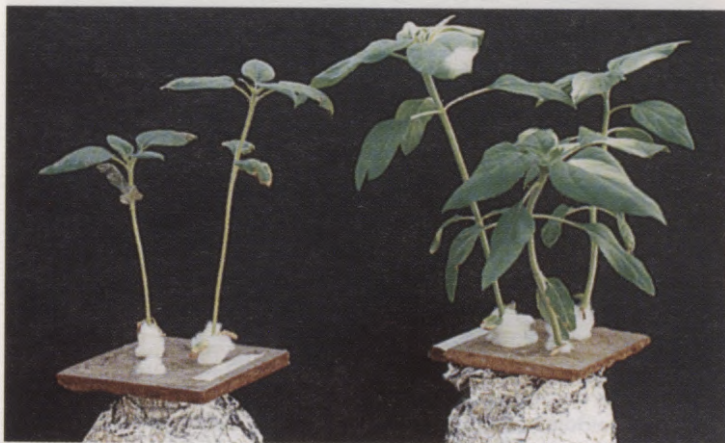
Nepievienojot barības šķīdumam noteiktu minerālelementu, ir viegli noteikt, kāda ir šī elementa nozīme auga augšanā un attīstībā.

Saulgriezei konstatētas šādu minerālelementu trūkuma pazīmes.

A. Attēlā pa kreisi redzams augs, kam barības šķīdumā trūkst slāpekļa.

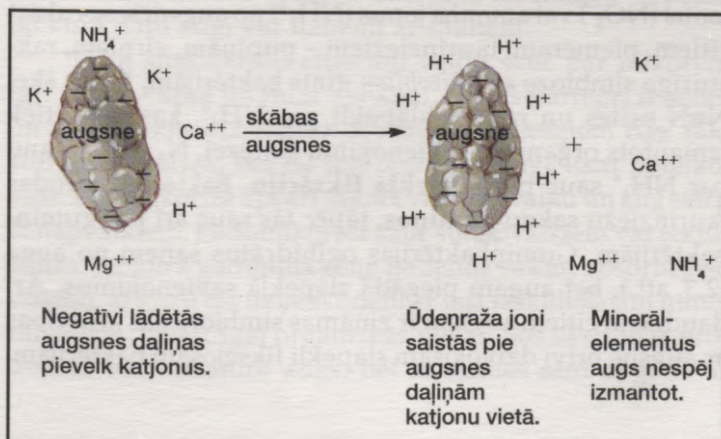
B. Augam attēla kreisajā pusē vērojamas fosfora trūkuma pazīmes.

C. Attēlā pa kreisi redzamā auga barības šķīdumā nav bijis pievienots kalcijs. Visos fotoattēlos labajā pusē redzams vesels augs, kas audzis pilnā barības šķīdumā.



B

Augsnes daļiņas, it īpaši māls, ir negatīvi lādētas un pievelk pozitīvi lādētos katjonus, piemēram, kalciju (Ca^{2+}), kāliju (K^+) un magniju (Mg^{2+}). Šādus pie augsnes daļiņām saistītus jonus augs var uzņemt. Savukārt skābās augsnēs šo katjonu vietā pie augsnes daļiņām saistās ūdeņraža joni



A



C

(H^+) un tāpēc minerālelementi paliek ūdens šķīdumā augam neizmantojami.

Ļoti skābās augsnēs savukārt augi var izmantot alumīnija (Al^{3+}) un dzelzs (Fe^{3+}) jonus. Šo minerālelementu sāļi ir nešķīstoši vidē, kam pH vērtība lielāka par 4, bet skābākā vidē tie ir labi šķīstoši. Tie izspiež no augsnes daļiņām kalcija, kālija un magnija jonus līdzīgi ūdeņraža joniem. Liels alumīnija un dzelzs jonu saturs augsnēs ir augiem toksisks. Tādējādi kļūst skaidrs, ka pārlietu skāba vide kaitīgi ietekmē augu: augs nespēj uzņemt minerālelementus, savukārt var uzņemt jonus, kas tiem ir toksiski. Ar šīm parādībām arī var izskaidrot skābo nokrišņu kaitīgo ietekmi uz augiem.

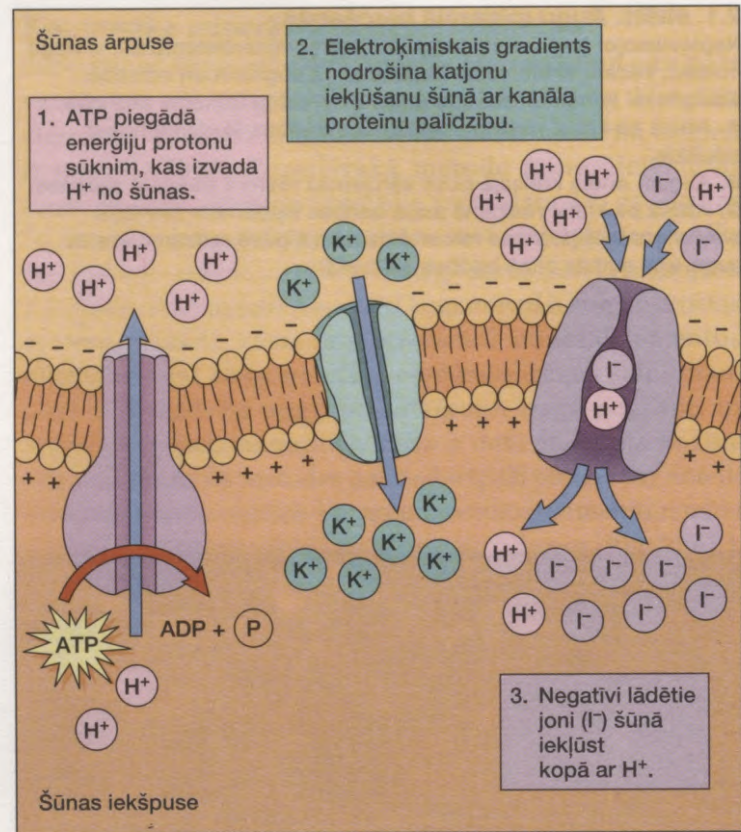
Normālai augu augšanai un attīstībai nepieciešami noteikti minerālelementi. Neaizvietojamo elementu trūkuma gadījumā augi iet bojā. Aizvietojamie minerālelementi noteiktiem augiem nodrošina labāku attīstību.

Minerālvielu uzņemšana un pārvietošanās augā

Minerālvielas augā iekļūst un pa to pārvietojas kopā ar ūdeni. Līdzīgi ūdenim, minerālvielu joni izklūst cauri epidermai un pārvietojas pa saknes primāro mizu caur tās šūnapvalkiem (2.7. att.). **Kaspari svītru dēļ** minerālvielu joni neizklūst cauri endodermas šūnu slāņa šūnapvalkiem. Bez tam bieži vien minerālvielas pa citoplazmu pārvietojas jau uzreiz pēc to iekļūšanas epidermas šūnās saknes uzsūcējzonā, kurai raksturīgi epidermas izaugumi – **spurgaliņas**. Augi spēj audos uzkrāt lielu minerālvielu daudzumu. Noteiktu minerālvielu koncentrācija saknēs var pārsniegt šo vielu koncentrāciju augsnē pat vairāk nekā 10 000 reizi.

Pēc iekļūšanas saknes šūnās minerālvielas nonāk koksnes vadaudos, pa kuriem tās ūdens šķīdumā pārvietojas augšup virzienā uz lapām. Minerālvielas jebkurā vietā var izklūst no koksnes vadaudiem un nonākt šūnās, kur tās ir nepieciešamas. Daļa no minerālvielām sasniedz lapas. Jebkurā gadījumā, lai minerālvielas izklūtu no koksnes vadaudiem un iekļūtu dzīvajās šūnās, tām jāšķērso plazmatiskā membrāna, kurai piemīt izvēles caurlaidība jeb puscaurlaidība. Kādā veidā minerālvielas šķērso puscaurlaidīgo membrānu? 2.1. tabulā parādīts, ka augu šūnas minerālvielas uzņem jonu veidā: slāpekli augi uzņem nitrāta jonu (NO_3^-) vai amonijjonu (NH_4^+) veidā, fosforu – fosfāta jonu (HPO_4^{2-}) veidā, kāliju – kālija jonu (K^+) veidā utt. Tā kā plazmatiskajai membrānai ir lādiņš, joniem ir grūti to šķērsot. Jau sen ir zināms, ka augu šūnām ir jāpatērē enerģija, lai aktīvi uzņemtu un uzkrātu minerālvielu jonus. Ja saknēm nepieklūst skābeklis, tajās nenotiek šūnu elpošana un tās saindējas, bet augs nespēj uzņemt minerālvielu jonus. ATP enerģija netieši ir nepieciešama minerālvielu jonu transportam (2.2. att.). Plazmatiskās membrānas sūkņa sistēma, ko sauc par protonu sūkni, šķēļ ATP. Šajā procesā izdalīto enerģiju augs izmanto, lai izvadītu ūdeņraža jonus (H^+) no šūnas. Tādējādi izveidojas elektroķīmiskais gradients, pateicoties kuram katjoni, piemēram, kālija joni (K^+), iekļūst šūnā caur kanāla proteīniem. Negatīvie joni kopā ar H^+ šūnā iekļūst ar pārnēsējproteīniem. Tā kā H^+ pārvietojas tā koncentrācijas gradienta virzienā, šim procesam nav nepieciešama enerģija. Tātad augu šūnās minerālvielu transporta pamatā ir hemiosmoze un elektroķīmiskā gradienta izveidošanās, kas nepieciešama, lai veiktu darbu.

Minerālvielas augā pārvietojas kopā ar ūdeni. Lai minerālvielu joni šķērsotu plazmatisko membrānu, ir nepieciešama enerģija, ko rada elektroķīmiskais gradients.

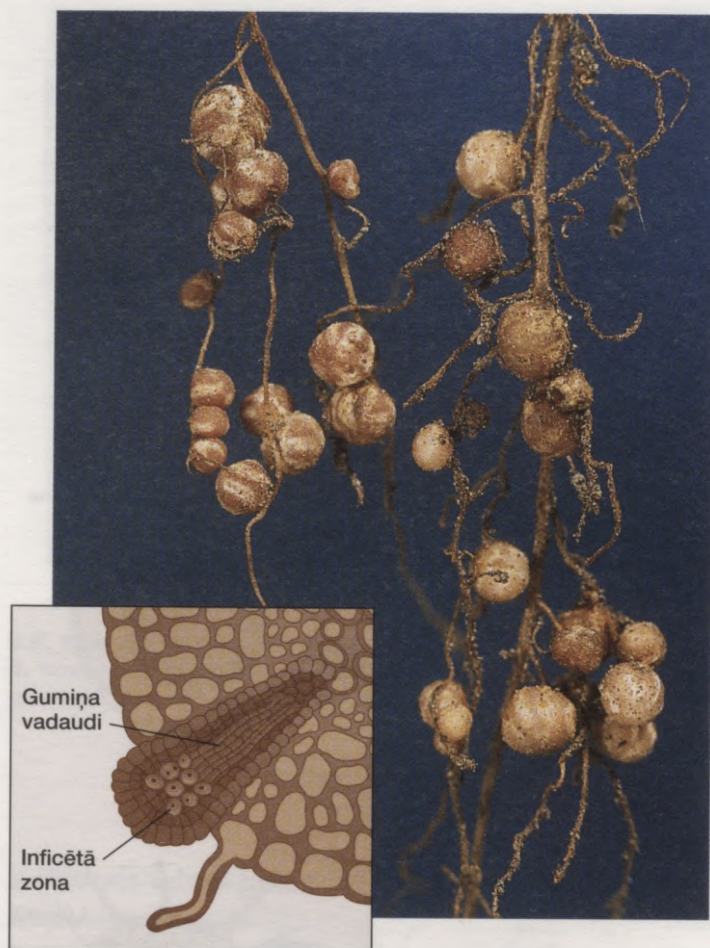


2.2. attēls. Minerālvielu transporta modelis

Lai minerālvielu joni varētu šķērsot plazmatisko membrānu, vispirms sāk darboties protonu sūkņi, kam enerģiju piegādā ATP. Rezultātā veidojas elektroķīmiskais gradients, pateicoties kuram K^+ joni un citi katjoni var šķērsot membrānu caur kanāla proteīniem. Negatīvos lādētos minerālvielu jonus, piemēram, Γ , cauri membrānai kopā ar ūdeņraža joniem pārvieto pārnēsējproteīni. Ūdeņraža joni pārvietojas to koncentrācijas gradienta virzienā.

Sakņu pielāgojumi minerālvielu uzņemšanai

Dabā pastāv divu veidu simbiotiskas attiecības, kas palīdz auga saknēm uzņemt dažus minerālelementus. Pirmajā gadījumā augi nespēj izmantot atmosfēras slāpekli, jo tiem nav fermenta, kas šķeltu $\text{N}\equiv\text{N}$ saiti. Daži augi uzņem nitrāta jonus (NO_3^-) vai amonija jonus (NH_4^+) no augsnes, savukārt citiem, piemēram, tauriņziežiem – pupiņām, zirņiem, raksturīga simbioze ar *Rhizobium* ģints baktērijām, kuras šķēļ $\text{N}\equiv\text{N}$ saites un reducē slāpekli par NH_4^+ , kas tālāk tiek izmantots organisko savienojumu sintēzei. N_2 reducēšanu par NH_4^+ sauc par **slāpekļa fiksāciju**. Baktērijas atrodas tauriņziežu sakņu **gumiņos**, tāpēc tās sauc arī par gumiņbaktērijām. Gumiņbaktērijas oglehidrātus saņem no auga (2.3. att.), bet augam piegādā slāpekļa savienojumus. Arī daudziem citiem augiem ir zināmas simbiotiskas attiecības ar augsnē brīvi dzīvojošām slāpekli fiksējošām baktērijām.

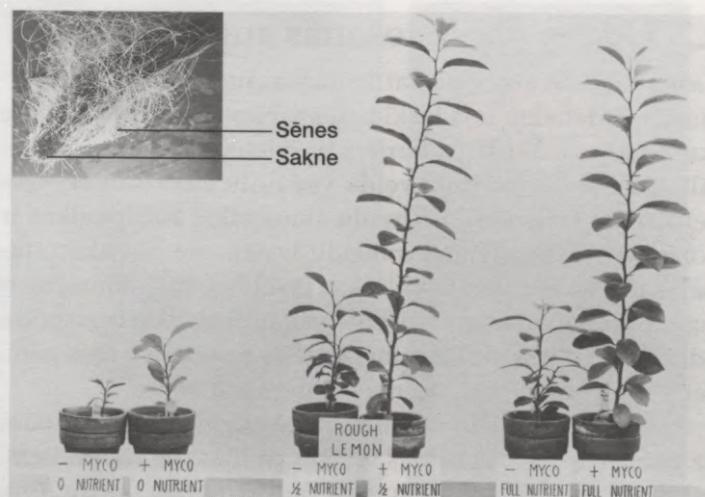


2.3. attēls. Sakņu gumiņi

Slāpekli fiksējošās baktērijas inficē augu, galvenokārt tauriņziežu saknes, izveidojot tajās gumiņus. Tās saista atmosfēras slāpekli un padara to augiem pieejamu, savukārt baktērijas saņem no auga ogļhidrātus. Attēla kreisajā apakšējā malā redzama gumiņa uzbūves shēma.

Dažām graudzālēm šie mikroorganismi dzīvo uz sakņu virsmas un uzņem ogļhidrātus, ko izdala augu saknes. Tie izmanto ogļhidrātu ķīmisko enerģiju, lai fiksētu slāpekli, no kura daļu augi var uzņemt ar saknēm.

Otru simbiotisko attiecību veidu sauc par mikorizu (gr. *mykes* – sēne un *rhiza* – sakne), un tās partneri ir sēnes un augu saknes (2.4. att.). Nedaudziem augiem nav raksturīga mikoriza, bet tie ļoti bieži var augt tikai noteiktā vidē. Ektomikoriza apkārt saknei veido apvalku un aug starp šūnapvalkiem. Endomikoriza caur šūnapvalkiem var iekļūt šūnās. Jebkurā gadījumā sēne palielina sakņu absorbējošo virsmu, ar kuru tās uzņem ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām, kā arī šķel organiskās vielas. Šos šķelšanas produktus var izmantot augs, bet tā saknes sēni apgādā ar



2.4. attēls. Mikoriza

Ekspējenta rezultāti pierāda, ka citrona augi ar mikorizu (MYCO) aug daudz labāk nekā augi, kuriem nav mikoriza. Attēla augšējā kreisajā stūrī redzamas priekšējās saknes, ko apņēmušas sēnes hifas. MYCO – pilns barības šķīdums MYCO – 1/2 barības šķīduma

cukurim un aminoskābēm. Augu dzīve ir ļoti atkarīga no mikorizas. Orhideju sēklas, kuras ir ļoti sīkas un satur nelielu barības vielu daudzumu, nedīgst, ja to šūnās nav iekļuvusi mikorizas sēne. Augi, kuriem nenotiek fotosintēze, piemēram, *Monotropa*, mikorizu izmanto, lai iegūtu barības vielas no apkārt augošajiem kokiem.

Dažkārt augiem saknes ir attīstījušās ļoti vāji vai arī tiem vispār nav sakņu, jo minerālvielu un ūdens uzņemšanai tie ir pielāgojušies citos veidos. Citi augi, piemēram, kukaiņēdāji (rasenes), slāpekli un minerālvielas iegūst no kukaiņiem, kurus notver un sagremo īpašas lapu pārveidnes. **Epifīti** (gr. *epi* – virs un *phyton* – augs) ir augi, kas neaug augsnē, bet uz lielākiem augiem, kuri tos balsta. Tomēr epifīti no saimniekaugiem barības vielas neiegūst (neparazītē uz tiem). Dažiem epifītiem ir īpašas saknes, ar ko tie no atmosfēras uzņem mitrumu, bet daži lietu un minerālvielas uztver īpašās kabatiņās pie lapu pamatnes. Parazītiskajiem augiem, piemēram, baltajiem āmuļiem un vijām, veidojas sakņveida izaugumi, kurus sauc par haustorijām. Haustorijas ieaug saimniekauga stumbra lūksnes un koksnes vadaudos, un tādējādi parazīts iegūst no saimniekauga barības vielas.

Vairums augu minerālvielas iegūst, pateicoties simbiotiskām attiecībām ar mikroorganismiem un sēnēm. Dažiem augiem, piemēram, parazītiem, raksturīgi īpaši pielāgojumi minerālvielu uzņemšanai.

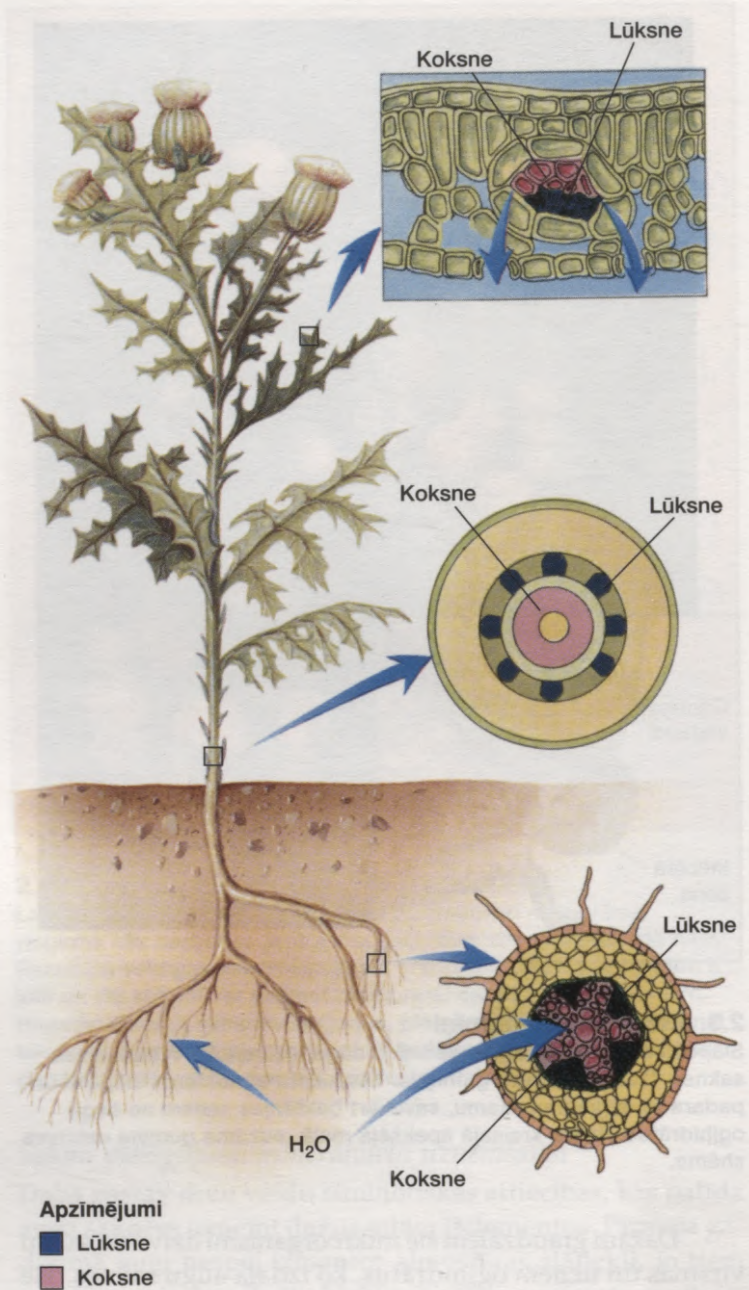
2.2. Ūdens pārvietošanās augā

Vaskulārajiem augiem ir attīstījušies audi, pa kuriem pārvietojas ūdens un tajā izšķīdušās vielas (2.5. att.). **Koksne** (ksilēma) – vadaudi, pa kuriem pārvietojas ūdens un minerālvielas, sastāv no divu veidu vadaudu elementiem – traheidām un trahejām. **Traheīdu** šūnu galos šūnapvalkos ir poras, kas savieno vienu traheīdu ar nākamo. Savukārt **trahejas** ir gari kapilāri kanāli, kas izveidojušies, šūnu galos izzūdot šūnapvalkiem. Koksnes vadaudi ne tikai transportē ūdeni un tajā izšķīdušās minerālvielas no saknēm uz lapām, bet veic arī mehānisko funkciju augu stumbros.

Organisko vielu šķīdumi augā pārvietojas no lapām uz patēriņa vai uzkrāšanās vietām pa lūksnes vadaudiem. Saknēs, kas sazarājušās augsnē, nevar notikt fotosintēze, tomēr arī tām ir nepieciešama enerģija šūnu vielmaiņai. Vaskulārie augi fotosintēzes produktus transportē uz patēriņa un uzkrāšanās vietām. **Lūksnes** (floēmas) vadaudi ir **sietstobri**, un katram sietstobra posmam parasti ir sava **pavadītājšūna**. Uzskata, ka pavadītājšūnas piegādā enerģiju sietstobriem, kam ir citoplazma, bet nav kodola. Sietstobru posmu galos šūnapvalkos izveidojušās poras, tādēļ šūnapvalkus šajās vietās sauc par **sietplātnēm**. Sietstobru posmi ir sakārtoti cits virs cita, un šo atsevišķo posmu citoplazmas nepārtrauktību nodrošina citoplazmas pavedieni jeb plazmodesmas, kas stiepjas cauri sietplātnes porām no viena posma uz nākamo. Tādējādi organisko vielu šķīdumu pārvietošanos augā nodrošina lūksnes vadaudu nepārtrauktība.

Vaskulārajiem augiem raksturīgi vadaudi. Pa koksni ūdens un minerālvielas pārvietojas no saknēm uz lapām, savukārt pa lūksni organiskās vielas tiek transportētas no lapām uz patēriņa un uzkrāšanās vietām.

Zināšanas par to, ka vaskulāro augu uzbūve ļauj transportēt vielas no vienas auga daļas uz citu, vēl neparāda, kādi mehānismi šajos procesos ir iesaistīti. Augu fiziologi ir veikuši neskaitāmus eksperimentus, lai noskaidrotu, kā ūdens un minerālvielas paceļas augšup pa koksni ļoti garu koku stumbros un kā organisko vielu šķīdumi pa lūksni pārvietojas pretējā virzienā. Varētu pieņemt, ka šos procesus nosaka mehāniskas dabas parādības, kam pamatā ir ūdens īpašības, jo ūdens veido lielāko neorganisko vielu un organisko vielu šķīdumu daļu, kas pārvietojas attiecīgi pa koksnes un lūksnes vadaudiem. Jāatceras, ka ūdens molekulas brīvi difundē cauri plazmatiskajām membrānām un, tā kā ūdens molekulas ir polāras, ūdens molekulu starpā, kā arī starp ūdens molekulām un citām molekulām veidojas ūdeņraža saites.



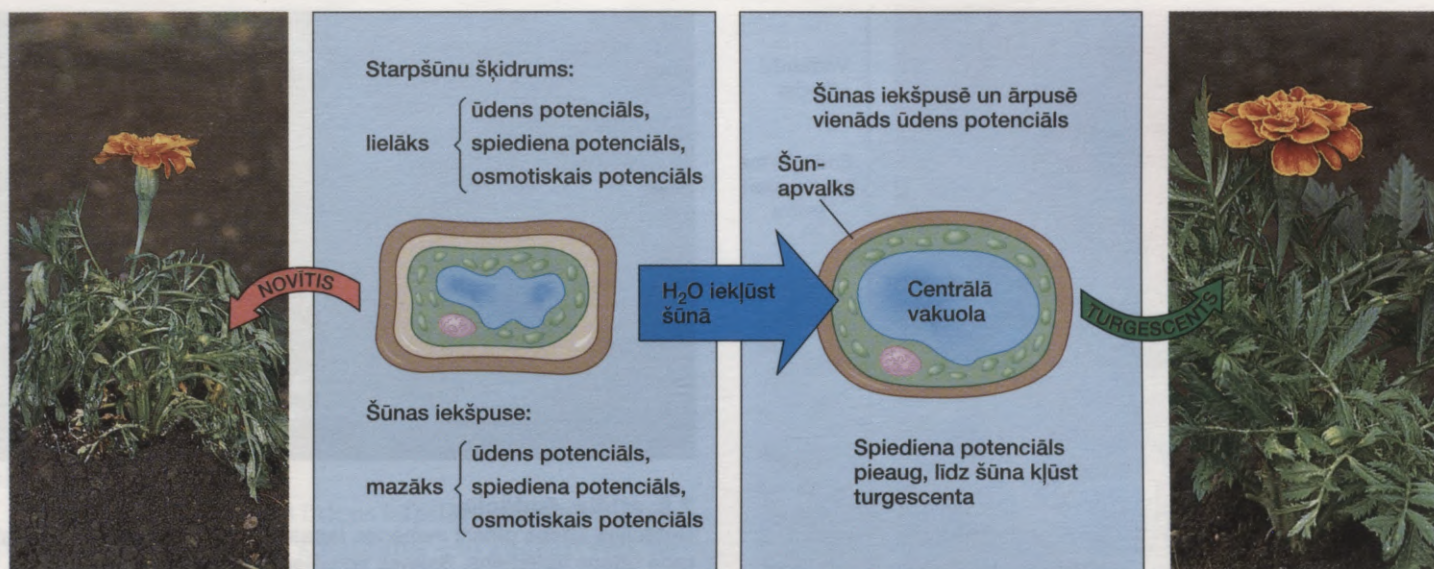
Apzīmējumi

- Lūksne
- Koksne

2.5. attēls. Auga transportsistēma

Vadaudu sistēmu augā veido koksne, pa kuru ūdens un minerālvielas pārvietojas no saknēm uz lapām, un arī lūksne, pa kuru organisko vielu šķīdumi pārvietojas galvenokārt pretējā virzienā. Koksnes un lūksnes vadaudi atrodas visos auga veģetatīvajos orgānos – saknēs, stumburā un lapās.

Lai ūdens pārvietotos no saknēm līdz lapām, tam daudzviet jāšķērso plazmatiskās membrānas. Augu fiziologu izstrādātais konceptuālais modelis izskaidro ūdens pārvietošanos no saknēm uz lapām.



2.6. attēls. Ūdens potenciāls un turgora spiediens

A. Novītuša auga šūnās ir mazs osmotiskais potenciāls, kas izraisa ūdens potenciāla pazemināšanos, tāpēc ūdens iekļūst šūnās, ja tas ir pieejams. **B.** Līdzsvars iestājas, kad šūnās pieaug spiediena potenciāls. Šūnas kļūst turgescentas, un augs vairs nav novītis.

Kritiskais ūdens potenciāls

Kā jau zināms, potenciālā enerģija ir uzkrātās enerģijas veids, ko nosaka objekta stāvoklis. Kalnā uzveltam akmenim piemīt potenciālā enerģija. Palaižot akmeni vaļā, tas sāk ripot lejā un potenciālā enerģija pārvēršas par kinētisko (kustību) enerģiju. Kad akmens ir noripojis lejā, tas ir pazaudējis lielāko daļu savas potenciālās enerģijas.

Ūdens potenciāls ir ūdens potenciālā enerģija. Līdzīgi kā aprakstītajā piemērā ar akmeni, ūdenim ūdenskrituma augšā piemīt lielāks ūdens potenciāls nekā ūdenskrituma pakājē. Tātad ūdens pārvietojas no vietas ar lielāku ūdens potenciālu uz vietu ar mazāku ūdens potenciālu.

Šūnā ūdens potenciālu nosaka divi faktori, no kuriem ir atkarīgs virziens, kādā ūdens šķērso plazmatisko membrānu (2.6. att.). Šie faktori ir

- 1) ūdens spiediens abpus membrānas;
- 2) šķīduma koncentrācija abpus membrānas.

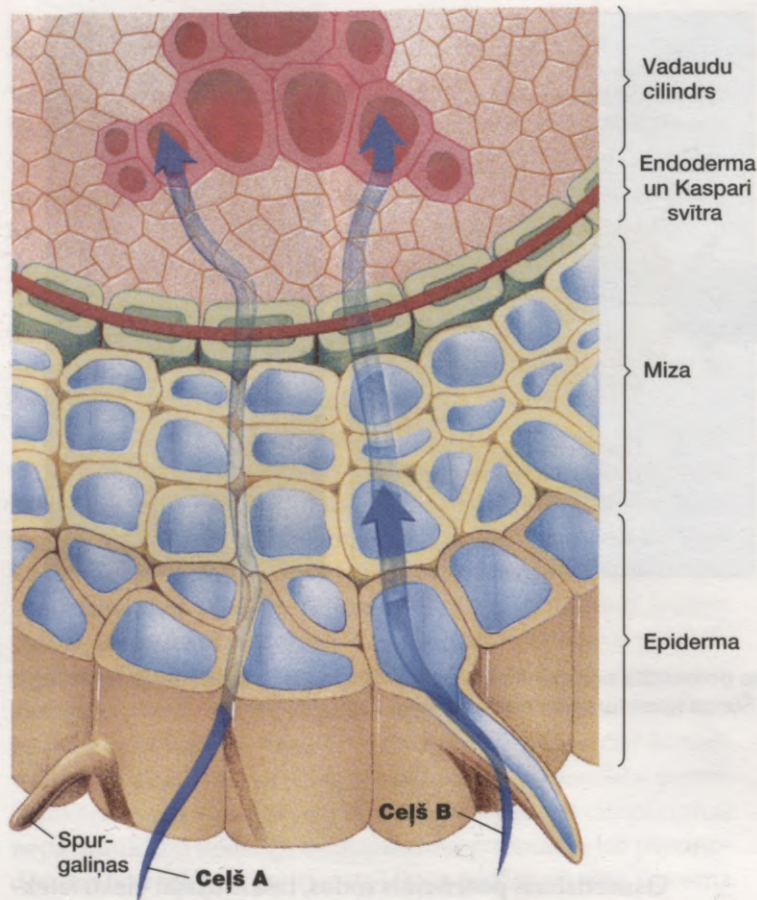
Spiediena potenciāls rodas spiediena uz ūdens potenciālu ietekmē. Saprotams, ka ūdens membrānu šķērsos virzienā no tās puses, kur spiediens lielāks, uz to pusi, kur tas ir mazāks. Jo lielāks ir ūdens spiediens, jo lielāks ir ūdens potenciāls.

Osmotiskais potenciāls rodas, izšķīdušajai vielai ietekmējot ūdens potenciālu. Izšķīdusi viela ierobežo ūdens pārvietošanos, jo ūdenim piemīt tendence saistīties ar to. Ūdens šķērso membrānu virzienā no mazākas šķīduma koncentrācijas uz lielāku šķīduma koncentrāciju. Jo mazāka ir šķīduma koncentrācija (osmotiskais potenciāls), jo lielāks ir ūdens potenciāls.

Šūnā izšķīdušo vielu dēļ ūdens spiediena palielināšanās mazina ūdens tieksmi iekļūt šūnā. Kā tas izpaužas augos? Auga šūnai ir izturīgs šūnapvalks, tāpēc, ūdenim iekļūstot augu šūnā osmozes ceļā, tajā pieaug ūdens spiediens. Kad ūdens pārtrauc iekļūt šūnā? Tas notiek tad, kad spiediena potenciāls šūnā palielinās tik daudz, lai līdzsvarotos ar osmotisko potenciālu ārpus šūnas.

Spiediena potenciālu, kas osmozes rezultātā pieaug, sauc arī par turgoru jeb turgora spiedienu. Turgora spiediens ir ļoti nozīmīgs, jo no tā ir atkarīgs augu turgors (2.6. att.). Novītušu augu šūnas ir zaudējušas ūdeni, jo ūdens potenciāls abpus plazmatiskajai membrānai ir pretējs normālam stāvoklim.

Ūdens šķērso plazmatisko membrānu virzienā no lielāka ūdens potenciāla uz mazāku ūdens potenciālu.



2.7. attēls. Ūdens nokļūšana no augsnes līdz koksnes vadaudiem saknē

A ceļš: ūdens un tajā izšķīdušās minerālvielas pārvietojas caur porām šūnapvalkos un caur endodermas šūnu citoplazmu iekļūst centrālajā cilindrā ar svītru palīdzību. **B ceļš:** ūdens un tajā izšķīdušās minerālvielas iekļūst spurgaliņās un pārvietojas no šūnas uz šūnu, līdz iekļūst koksnes vadaudos.

Ūdens pārvietošanās pa koksni

Ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu transports augā notiek vispirms pa saknes parenhīmas šūnām, tad pa koksnes vadaudiem un visbeidzot pa lapām. Minerālvielu transports ir apskatīts nākamajā nodaļā.

Ūdens transports sākas saknēs

Lai ūdens iekļūtu koksnes vadaudos, tam vispirms jāiekļūst saknē. Kā redzams 2.7. attēlā, ziedaugu saknē ūdens no augsnes var iekļūt difūzijas ceļā un pārvietoties līdz koksnes vadaudiem pa šūnapvalkiem. Kaspari svītras ir saknes endodermas šūnu radiālo šūnapvalku uzbiezējumi, kas satur suberīnu un lignīnu. Tās ļauj šķīdumiem iekļūt centrālajā cilindrā caur endodermas šūnām. Ūdens var iekļūt saknē arī caur spurgaliņām un pēc tam plūst no šūnas uz šūnu pa primārās mizas un endodermas šūnu citoplazmu līdz pat koksnes vadaudiem. Neatkarīgi no ceļa ūdens saknes šūnās iekļūst tad, ja tajās ir mazāks osmotiskais un līdz ar to arī mazāks ūdens potenciāls nekā augsnes šķīdumam.



2.8. attēls. Gutācija

Gutācijas ūdens pilieni zemes lapas plātnes malās. Gutāciju naktī rada ūdens spiediens. Saknes spiediens ir pozitīvs spiediena potenciāls, ko izraisa ūdens iekļūšana saknes šūnās.

Iekļūstot saknes šūnās, ūdens rada pozitīvu spiediena potenciālu, ko sauc par **saknes spiedienu**. Saknes spiediens, kas sākotnēji veidojas naktī, spiež ūdeni un tajā izšķīdušās minerālvielas augšup. Saknes spiediens rada arī **gutāciju** (lat. *gutta* – piliens, lāse) – ūdens pilienu izspiešanos caur lapas dzīslu galiem tās malās (2.8. att.). Kaut arī saknes spiediens zināmā mērā nosaka ūdens pārvietošanos augšup pa augu, tomēr tas pilnībā nenodrošina ūdens pacelšanu līdz ļoti garu koku galotnēm.

Ūdens uzņemšana

Pēc lietus vai laistīšanas gravitācijas spēka ietekmē ūdens iesūcas augsnē. Iesūkšanās ātrums ir atkarīgs no augsnes caurlaidības. Smilšainā augsnē, kura ir irdena, ūdens iesūcas ļoti ātri, savukārt blīvā, mālainā augsnē tas iesūcas daudz lēnāk. Ūdens, kas paliek augsnē pēc iesūkšanās, rada lauka kapacitāti.

Tomēr ūdens atrašanās augsnē vēl nenozīmē, ka augi to var uzņemt. Stāvokli, kurā saknes vairs nevar uzņemt ūdeni no augsnes, sauc par pastāvīgo višanas punktu. Šādā stāvoklī augsne, it īpaši māla augsne, joprojām satur ūdeni, tomēr tas ir stipri saistīts pie augsnes daļiņām. Augsnes un saknes ūdens potenciāli ir kļuvuši vienādi vai pat pretēji, un saknes vairs nevar uzņemt no augsnes ūdeni.

Ideāla augsne ir mitra un irdena (saknēm šūnu elpošanai nepieciešams skābeklis), un saknes tajā viegli ieaug. Lauksaimniecībai vispiemērotākā ir smilšmāla augsne, kura satur 10–25 % māla, kā arī smiltis un trūdzemi vienādās daļās.

Ūdens un minerālvielas pirms koksnes vadaudu sasniegšanas iekļūst saknes šūnās. Ūdens saknes šūnās iekļūst tāpēc, ka ūdens potenciāls saknes šūnās ir mazāks nekā augsnē.

Transports uz lapām

Tiklīdz ūdens iekļūst koksnes vadaudos, tas sāk savu ceļu virzienā uz koka galotni. Tas ir grūts uzdevums, jo daudz koku augstums pārsniedz pat 100 m.

Ūdens transporta **kohēzijas sprauguma modelis**, kas redzams 2.9. attēlā, raksturo ūdens pārvietošanās mehānismu pa koksnes vadaudiem. Termins kohēzija nozīmē ūdens molekulu tieksmi savstarpēji pievilkties. Ūdeņraža saites rada ūdens molekulu savstarpējo pievilkšanos, izveidojot nepārtrauktu ūdens kapilāru koksnes vadaudos. Adhēzija ir ūdens īpašība, kas ūdens kapilāram rada īpašu stingrību un neļauj tam atslīdēt atpakaļ. Adhēzija ir polāro ūdens molekulu spēja pievilkties koksnes vadaudu šūnapvalku molekulām.

Kāpēc nepārtrauktais ūdens kapilārs pārvietojas augšup? Tāpēc, ka tam piemīt spraugums – to augšup velk negatīvs spiediena potenciāls. Kad uzlec saule, lapas atvārsnītes atveras un tajā iekļūst oglekļa dioksīds. Lapas mezofila šūnas, galvenokārt čauganā parenhīma, ir kontaktā ar gaisu, kurš var būt ļoti sauss. Šādā gadījumā ūdens iztvaiko no mezofila šūnām. Ūdens iztvaikošanu no lapas šūnām sauc par **transpirāciju**. Vismaz 90 % ūdens, ko augs ar saknēm uzņem no augsnes, tas zaudē transpirācijas rezultātā. Tāpat kopējais ūdens daudzums, ko augs zaudē ilgstošā periodā, ir pārsteidzoši liels. Viens kukurūzas (*Zea mays*) augs veģetācijas perioda laikā transpirācijas rezultātā zaudē 135 līdz 200 l ūdens.

Notiekot transpirācijai, ūdens kapilārs tiek vilkts augšup vispirms no lapas, tad no stumbra un visbeidzot no saknēm. Dienā transpirācijas rezultātā ūdens potenciāls saknes šūnās kļūst negatīvāks nekā ūdens potenciāls augsnē. Negatīva ūdens potenciāla gadījumā kapilāram no saknēm līdz lapām jābūt nepārtrauktam.

Kas notiek, ja ūdens kapilārs koksnes vadaudos pārtrūkst, piemēram iegriežot stumbrā? Ūdens kapilārs no griezuma vietas koksnes vadaudos nokrītas. Vadaudos iekļūst gaiss, un ūdens plūsma pa tiem tiek traucēta. Šā iemesla dēļ ziedu kātus vēlams apgriezt, turot tos zem ūdens. Pētnieki ir izmērijuši kapilāru spraugumu koku stumbros. Ar īpašas ierīces palīdzību var konstatēt, cik liels spiediens nepieciešams, lai paceltu minerālvielu ūdens šķīdumu koksnes vadaudos atpakaļ līdz griezuma vietai.

Dzinējspēks ūdens pacelšanai koksnes vadaudos ir negatīvs spiediena potenciāls, ko izraisa transpirācija lapās.

Ūdens transportu augā nosaka svarīgas likumsakarības. Ja augam trūkst ūdens, atvārsnītes aizveras un augs zaudē mazāk ūdens. Lapās transpirāciju mazina arī vask-



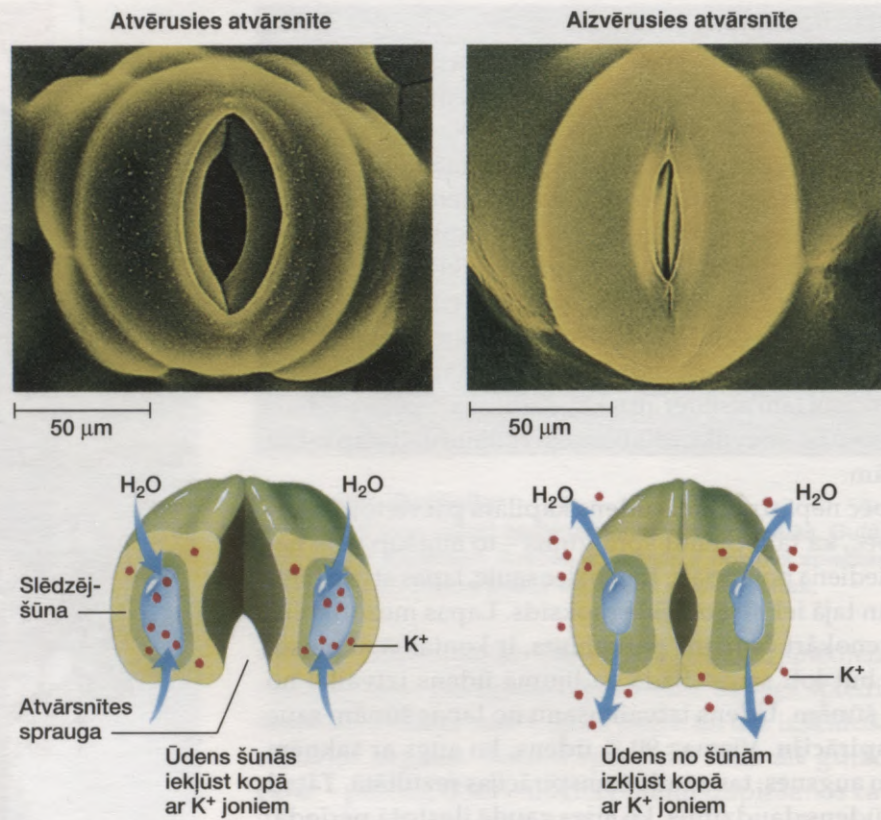
2.9. attēls. Koksnes transporta kohēzijas-sprauguma modelis

Negatīvais spiediena potenciāls, ko izraisa lapās notiekošā transpirācija, virza ūdeni augšup visā auga garumā.

veida apsarme jeb **kutikula**, ko izdala lapas augšējās un apakšējās epidermas šūnas. Tomēr, kad atvārsnītes ir aizvērtas, augs nevar uzņemt oglekļa dioksīdu un līdz ar to nevar notikt fotosintēze. Tādēļ fotosintēzes norisei nepieciešams pietiekams ūdens daudzums, lai auga atvārsnītes paliktu atvērtas un tas varētu uzņemt oglekļa dioksīdu.

2.10. attēls. Atvārsnišu atvēršanās un aizvēršanās

Atvārsnītes atveras, kad to slēdzējšūnās iekļūst ūdens un tajās palielinās turgors. Atvārsnītes aizveras, kad ūdens izkļūst no atvārsnītes slēdzējšūnām un turgors tajās samazinās.



Atvārsnišu atvēršanās un aizvēršanās

Katra atvārsnīte sastāv no 2 slēdzējšūnām, starp kurām ir atvārsnītes sprauga. Ūdenim iekļūstot slēdzējšūnās, tajās palielinās turgors un atvārsnīte atveras, bet, ūdenim izkļūstot no slēdzējšūnām, turgors tajās samazinās un atvārsnīte aizveras. 2.10. attēlā redzams, ka slēdzējšūnas atspiežas viena pret otru šūnu galos un to iekšējie šūnapvalki ir biežāki nekā ārējie. Kad ūdens iekļūst slēdzējšūnās, to izstiepšanos sānvirzienā kavē šūnapvalkos esošās celulozes mikrošķiedras, bet ārējā šūnapvalka izstiepšanās garumā ir iespējama. Slēdzējšūnām izstiepjoties garumā, tās saskaršanās vietās izliecas un atvārsnīte atveras.

No 1968. gada ir zināms, ka atvārsnišu atvēršanās un aizvēršanās mehānismu regulē kālija joni (K^+). Šo jonu aktīvā transporta rezultātā slēdzējšūnās samazinās ūdens potenciāls. Kad ūdens potenciāls kļūst mazāks nekā apkārtējās šūnās, ūdens iekļūst slēdzējšūnās. Ir novērots, ka, K^+ iekļūstot slēdzējšūnās, to ārpusē uzkrājas ūdeņraža joni (H^+). Protonu sūkņi, kas enerģiju iegūst, šķeļot ATP par ADP un P, transportē šos H^+ ārpus šūnas. Tādējādi rodas elektroķīmiskais gradients, kas izraisa K^+ iekļūšanu šūnā caur kanāla proteīniem (2.2. att.).

Kas regulē atvārsnišu atvēršanos un aizvēršanos? Iespējams, ka signāls, kas izraisa atvārsnišu atvēršanos, ir redzamās gaismas spektra zilā daļa. Ir pamats uzskatīt, ka zilo gaismu absorbē pigments flavīns, kas pēc tam izraisa citoplazmatisku atbildes reakciju, aktivējot protonu sūkni. Līdzīgi arī slēdzējšūnu plazmatiskajā membrānā varētu būt receptors, kas inaktīvā protonu sūkni, palielinot oglekļa dioksīda koncentrāciju tad, kad apstājas fotosintēze. Abscizkābe, kas sintezējas vīstošu lapu šūnās, arī var izraisīt atvārsnišu aizvēršanos. Kaut arī fotosintēze nevar notikt, ūdens tiek taupīts.

Ja augus tur tumsā, atvārsnītes 24 stundu laikā atveras un aizveras tāpat, it kā tās atrastos pārmaiņus dienas gaismā un nakts tumsā. Tas nozīmē, ka augam raksturīgs sava veida iekšējais bioloģiskais pulkstenis. Cirkādiskie ritmi (cikliskas parādības, kas notiek ik pa 24 stundām) un bioloģiskie pulksteņi mūsdienās tiek intensīvi pētīti.

Atvārsnišu atvēršanos rada K^+ iekļūšana un tai sekojoša ūdens iekļūšana atvārsnītes slēdzējšūnās. Atvārsnišu atvēršanos un aizvēršanos regulē vides signāli, tomēr precīzs atvārsnišu darbības mehānisms mūsdienās joprojām tiek pētīts.

Uzziniet tuvāk

► Ciņa par resursiem un bioloģiskā daudzveidība

Kopš agrīnajiem skolas gadiem man patika matemātika un bioloģija. Koledžā mani īpaši ieinteresēja bioloģiska satura izdevumi, kas bija veltīti vides un tajā dzīvojošo sugu attiecībām, ieskaitot to savstarpējo mijiedarbību, piemēram, konkurenci un plēsonību. Man likās, ka bioloģisko daudzveidību ietekmē šīs mijiedarbības, tāpēc šādos gadījumos ir iespējams izvirzīt teoriju, kas, izteikta matemātiskā formā, izskaidro bioloģisko daudzveidību.

Pirmais solis šā mērķa sasniegšanai ir noskaidrot, vai konkurence un plēsonība ir saistīta ar bioloģisko daudzveidību.

Minesotas plāvās, kurās es strādāju, bieži vien dažu hektāru platībā vienviet ir sastopamas vairāk nekā 100 augu sugas. Ilgstošos eksperimentos noskaidrojās, ka visas šīs augu sugas kontrolē (limitē) konkurence par vienu un to pašu resursu – augsnes slāpekli. Matemātiskie modeļi paredz, ka līdzs-

pastāvošo sugu skaits nekad nevar būt lielāks par to limitējošo resursu skaitu. Vai ir

iespējams izskaidrot šo acīmredzamo paradoksu? Tas ir iespējams, ja vien šīs sugas bez augsnes slāpekļa savstarpēji konkurē par vēl kādu citu faktoru. Lai noskaidrotu, kas ir šie faktori, tika veikta eksperimentu sērija. Mēs konstatējām, ka šo sugu limitējošie faktori nav ne kukaiņi, ne zālēdāji zīdītāji, ne gaismas apstākļi, ne arī uguns. Augu sugas atšķiras pēc to spējas izplatīties. To mēs atklājām, izstā-



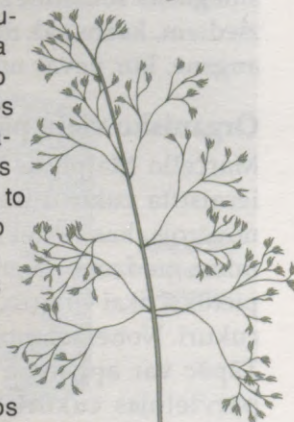
Deivids Tilmens,
Minesotas Universitāte

dot vairāk nekā 50 augu sugas dažādos parauglaukumos un pētīt, kā dīgst to sēklas, kā šie augi aug, attīstās un vairojas. Konkurencē par slāpekli uzvarēja vietējās graudzāles, kam 85 % biomasas veidoja saknes un tikai 0,5 % biomasas – sēklas. Šādu augu piemērs ir *Schizachyrium scoparium* (2.A. att.). Savukārt vislabāk izplatījās augi, kam 30 % biomasas veidoja sēklas un tikai 40 % – saknes. Šādas graudzāles ir, piemēram, *Agrostis scabra* (2.B. att.).

Matemātiskais modelis parādīja, ka šāds biomasas sadalījuma kompromiss varētu izskaidrot stabili liela sugu daudzuma koeksistenci, kuras atšķiras pēc to spējas konkurēt par slāpekli un izplatīties jaunos areālos. Līdzsastāvēšana ir iespējama, jo sugas, kas uzvar konkurencē par slāpekli, vāji izplatās, savukārt sugām, kam liela daļa biomasas attīstās par sēklām, pastāv lielāka iespēja izplatīties. Šāda sugu koeksistence (līdzsastāvēšana) iespējama, ja stipri variē sugu spēja konkurēt un izplatīties.

Cits manu interešu lauks ir attiecības starp bioloģisko daudzveidību un ekosistēmas stabilitāti. Mēs ar kolēģiem veicām

ikgadējo paraugu vākšanu 207 pastāvīgos parauglaukumos 1987.–1988. gada sausuma laikā. Sausums 1988. gadā bija trešais lielākais pēdējo 150 gadu laikā. Mēs konstatējām, ka parauglaukumos, kuros auga tikai 1–4 sugas, to produktivitāte (dzīvo augu kopējā masa) samazinājās no 1/8 līdz 1/16 salīdzinājumā ar pirmssausuma lielumumu. Savukārt parauglaukumos, kuros auga 16–26 sugas, produktivitāte samazinājās tikai uz pusi salīdzinājumā ar pirmssausuma līmeni (2.C. att.). Tātad liela bioloģiskā daudzveidība ir sava veida buferis pret svārstībām, un tādēļ saprātīgi ekosistēmās to saglabāt.



2. attēls B.

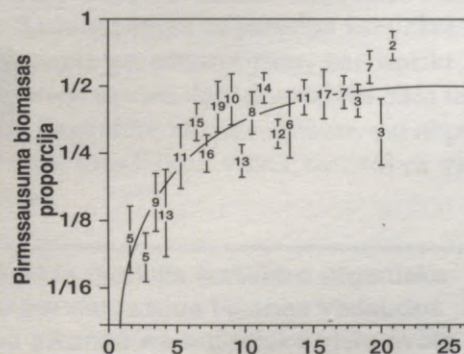
Agrostis scabra ir Ziemeļamerikas prēriju augs, kas nespēj konkurēt ciņā par augsnes slāpekli. Tomēr tas spēj ātri izplatīties, jo lielu tā biomasas daļu veido sēklas.

2. attēls A.

Schizachyrium scoparium ir Ziemeļamerikas graudzāle, kas pielāgojusies dzīvei smilšainās un klinšainās vietās. Šis augs parasti uzvar konkurencē par augsnes slāpekli, jo tam attīstās ļoti spēcīga sakņu sistēma.

2. attēls C.

Sausuma periodā parauglaukumos ar lielāku augu sugu daudzveidību tika sasniegta proporcionāli lielāka augu biomasas. Šajā grafiskajā attēlā ir salīdzināta augu biomasas, kāda bija sausajā 1988. gadā, ar augu biomasu 1986. gadā. Skaitļi pie līknes norāda parauglaukumu skaitu, kāds tika izmantots, lai šo līkni iegūtu. Attēlā ir parādīta arī katras biomasas rādītāja lielākā un mazākā vērtība.



2.3. Organisko vielu transports augā

Augos tiek transportēti ne vien ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām virzienā no saknēm uz lapām, bet arī organisko vielu šķīdums uz patēriņa un uzkrāšanās vietām. Organiskās vielas plūst gan uz jaunām lapām, kuras vēl nav sasniegušas fotosintēzes intensitātes maksimumu, gan uz ziediem, kuros sāk nogatavoties sēklas, gan arī uz saknēm augsnē, kur nevar notikt fotosintēze.

Organisko vielu pārvietošanās pa lūksni

Marčello Malpīgijs 1679. gadā izteica domu, ka miza ir iesaistīta cukuru transportā no lapām uz saknēm. Viņš novēroja, kas notiek, ja visapkārt koka stumbram noņem mizas gredzenu. Ja gredzens ir noņemts zem lapotnes, miza pietūkst tikai virs gredzena un uzbriedušajos audos uzkrājas cukuri. Noņemot mizas gredzenu, koksne paliek neskarta. Tāpēc var apgalvot, ka lūksne ir audi, pa kuriem augā pārvietojas cukuri. Pētījumi, kuros izmantots oglekļa radioaktīvais izotops ^{14}C , apstiprina, ka pa lūksni tiek transportēti organisko vielu šķīdums. Ja pieaugušas lapas uzņem ar ^{14}C iezīmētu oglekļa dioksīdu (CO_2), drīz vien tiek konstatēts, ka cukurs, kurš satur iezīmēto oglekli, pārvietojas pa stumbru lejup uz saknēm. Iezīmētais ogleklis ir konstatēts galvenokārt lūksnē, nevis koksnē. Pētījumi, kuros izmanto iezīmētus elementus, pierāda lūksnes nozīmi arī citu vielu, piemēram, aminoskābju, hormonu un pat minerālvielu jonu transportēšanā. Fitohormoni tiek transportēti no to sintēzes vietām uz auga daļām, kur tie sāk veikt savas regulācijas funkcijas. Rudeņos pirms lapu nobīršanas minerālvielu joni no tām pārvietojas uz citām auga vietām.

Analizējot šķīdumu, kas pārvietojas pa lūksni, konstatēts, ka tā galvenā sastāvdaļa ir saharoze un minerālvielu koncentrācija tajā parasti sasniedz 10–13 tilpuma procentus. Ir grūti iegūt šķīduma paraugu, neievainojot lūksni, tomēr šī problēma tiek atrisināta, izmantojot laputis (2.11. att.) – nelielus kukaiņus, kas barojas ar lūksnes sulu. Laputis ievada savu stiletu – dūrējsūcējtipa mutes orgāna aso daļu – un darbojas līdzīgi hipodermiskai adai starp epidermas šūnām, un sūc sulu no vadaudu – sietstobru šūnām. Ja laputi sūkšanas laikā anestezē, tās ķermeni var uzmanīgi atdalīt, dūruma vietā atstājot tikai stiletu. Tādējādi var iegūt un analizēt lūksnes sulas paraugu.

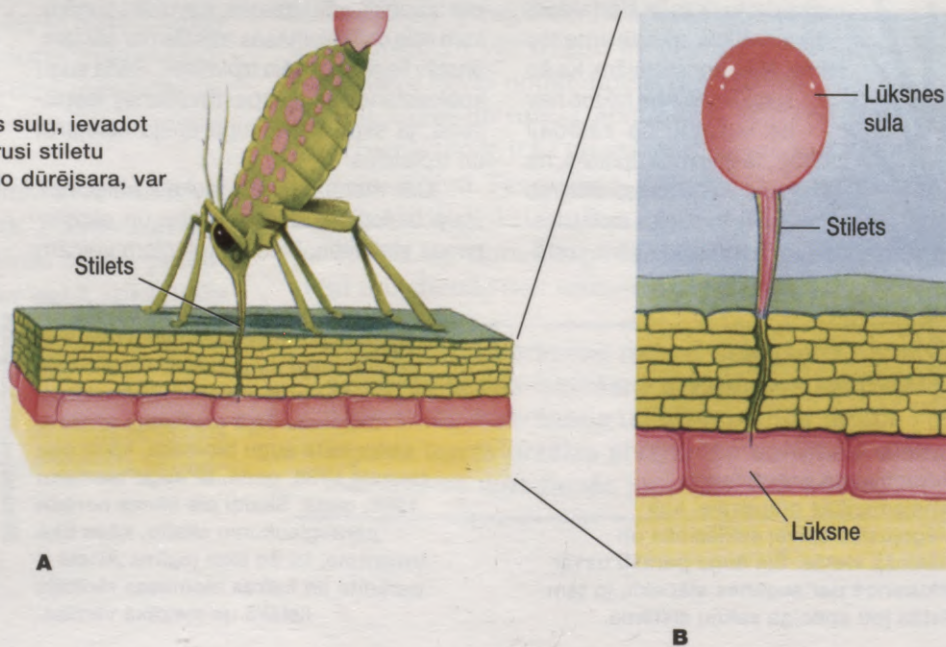
Transports pa lūksnes vadaudiem pozitīva spiediena ietekmē

Kā jau minēts, lūksnes vadaudi ir sietstobri, kas sastāv no atsevišķiem posmiem, starp kuriem atrodas sietplātnes. Caur sietplātnēm no viena sietstobra posma uz citu stiepjas citoplazmas pavedieni, veidojot nepārtrauktu sietstobru sistēmu, kura sniedzas no saknēm līdz lapām un pretēji. Šāda sietstobru uzbūve nodrošina organisko vielu transportu pa lūksni lielā attālumā relatīvi īsā laikā. Pētot, kā pārvietojas cukurs, kas iezīmēts ar radioaktīvo ^{14}C , konstatēts, ka organisko vielu šķīduma transports pa lūksnes vadaudiem notiek ar ātrumu 60–100 cm/h, bet dažviet pat 300 cm/h.

Organisko vielu transportu pa lūksnes vadaudiem izskaidro **spiediena-plūsmas modelis** (2.12. att.). Veģetācijas perioda laikā lapās notiek fotosintēze un veidojas cukuri. Saharoze lūksnē tiek aktīvi pārvietota, un šo transportu nodrošina protonu sūkņa radītais elektroķīmiskais gradients. Saharoze šķērso membrānu kopā ar ūdeņraža joniem (H^+), kuri pārvietojas to koncentrācijas gradienta virzienā (2.2. att.).

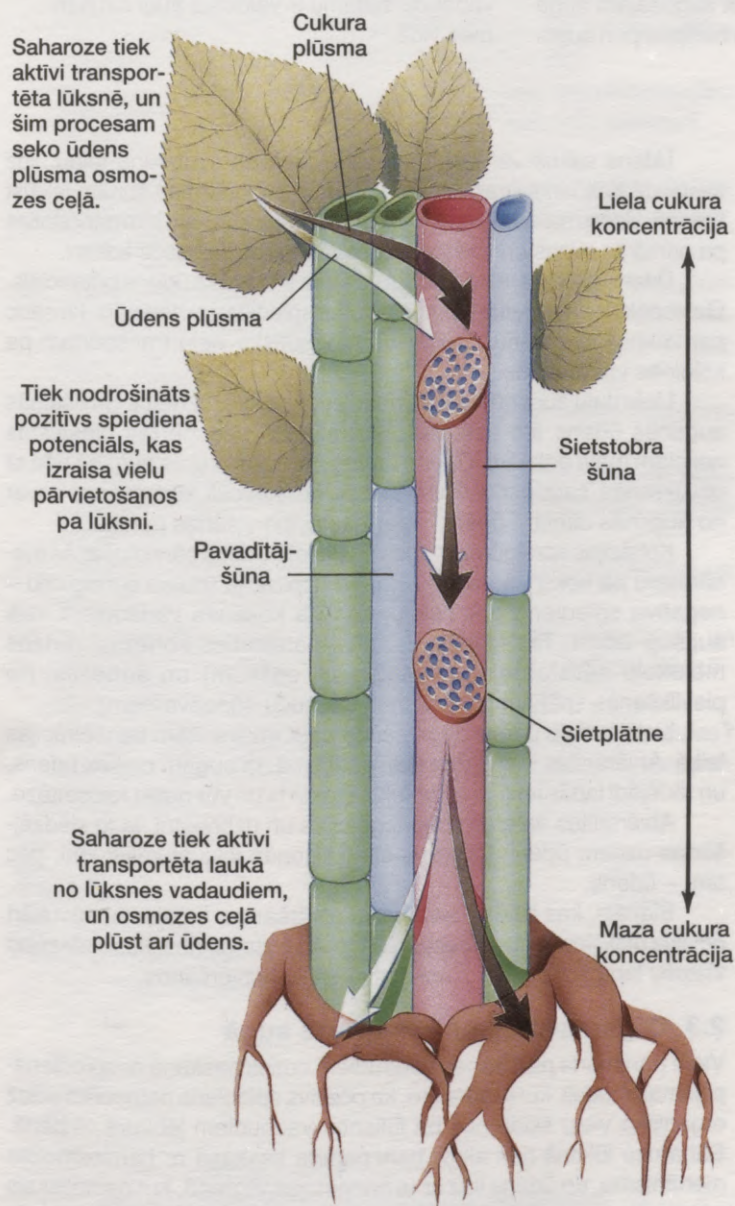
2.11. attēls. Lūksnes sulas iegūšana

Laputis ir nelieli kukaiņi, kas barojas ar lūksnes sulu, ievadot savu stiletu lūksnes vadaudos. **A.** Laputs iedūrusi stiletu lūksnes vadaudos. **B.** Atdalot laputs ķermeni no dūrējsara, var iegūt un analizēt lūksnes sulas paraugu.



Ūdens sāk ieplūst sietstobros, tāpēc ka tajos ir zemāks osmotiskais potenciāls. Transports cauri sietstobra membrānām ir iespējams tāpēc, ka sietstobru šūnām ir dzīvas plazmatiskās membrānas. Saharozes transportam nepieciešamo enerģiju piegādā pavadītājšūnas. Ūdens uzkrāšanās lapu sietstobros izraisa pozitīvu spiediena potenciālu tajos salīdzinājumā ar spiediena potenciālu saknēs.

Virzienā no lapām uz saknēm veidojas pozitīvs spiediena potenciāla gradients, jo saharoze saknēs tiek transportēta ārā no lūksnes vadaudiem un šim procesam seko ūdens osmoze. Šis ir gadījums, kad pozitīvais spiediena potenciāla

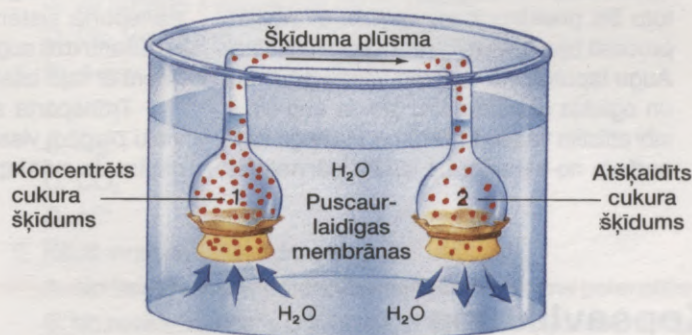


2.12. attēls. Spiediena-plūsmas modelis vielu transportam pa lūksni

Vielas pa lūksnes vadaudiem pārvietojas no to avota (bieži vien no lapām) uz patēriņa vai uzkrāšanās vietām (bieži vien uz saknēm). Šo pārvietošanos virzienā no lapām uz saknēm nodrošina pozitīvais spiediena potenciāla gradients.

gradients izraisa ūdens plūsmu virzienā no lapām uz saknēm. Kad ūdens ieplūst lūksnē, kopā ar to ieplūst arī saharoze.

Spiediena-plūsmas modeli raksturo šāds eksperiments. Divas kolbas, kurām nav dibena, savieno stikla caurule. Pirmajā kolbā šķīduma koncentrācija ir lielāka nekā otrajā kolbā. Abus traukus apņem puscaurlaidīga membrāna, un visa sistēma tiek iegremdēta destilētā ūdenī.



Destilētais ūdens vispirms iekļūst pirmajā traukā, jo tajā ir mazāks ūdens potenciāls jeb lielāka šķīduma koncentrācija. Ūdens iekļūšana palielina ūdens potenciālu, jo palielinās spiediena potenciāls, un ūdens plūst virzienā uz otru trauku. Šīs plūsmas rezultātā ūdens ne vien pārvietojas virzienā uz otru trauku, bet arī šķērso otra trauka puscaurlaidīgo membrānu. Spiediena-plūsmas modelis vielu transportam sietstobros ir attiecināms uz plūsmu abos virzienos, ja pieņem, ka plūsma vienmēr notiek virzienā no *organisko vielu avota uz to patēriņa vai uzkrāšanās vietām*. Jauniem divdīgļlapju dīgļstiem dīgļlapās uzkrājušās rezerves barības vielas ir saharozes avots, savukārt saknes saharozi patērē. Šajā gadījumā organiskās vielas pārvietojas virzienā no dīgļlapām uz saknēm. Vecākiem augiem vairums jauno lapu ir organisko vielu patēriņa vieta, un tās saharozi saņem no citām lapām, līdz pašas spēj maksimāli iesaistīties fotosintēzē. Ja augam attīstās augļi, vielu transports pa lūksni notiek galvenokārt virzienā uz augļiem un tikai neliels daudzums organisko vielu tiek transportētas uz pārējām auga daļām, tāpēc šajā laikā auga veģetatīvā augšana notiek ļoti lēni.

Tā kā vielu šķīdumi pa lūksnes vadaudiem vienmēr pārvietojas no šo šķīdumu avota uz patēriņa vai uzkrāšanās vietām, tad transports pa sietstobriem var notikt abos virzienos. Tā tas notiek ne vien dažādos dzīves cikla laikos, bet pat vienlaikus! Pagaidām vēl nav zināms, vai abpusēja vielu plūsma notiek vienlaikus vienā sietstobrā vai arī dažādos sietstobros.

Spiediena-plūsmas modelis izskaidro organisko vielu šķīdumu pārvietošanos lūksnes vadaudos abos virzienos atkarībā no organisko vielu avota un patēriņa vai uzkrāšanās vietas atrašanās.

Pārskats

Sauszeme rada augiem daudz priekšrocību, piemēram, labāku iespēju fotosintēzē izmantot gaismu un oglekļa dioksīdu. (Pat ļoti tīrs ūdens absorbē gaismu, turklāt arī oglekļa dioksīda koncentrācija un difūzijas intensitāte ūdenī ir daudz mazāka nekā uz sauszemes.) Tomēr, lai pilnībā izmantotu šīs priekšrocības, augiem evolūcijas procesā bija jāpilnveido transporta sistēma. Augu lapotne var uztvert vairāk gaismas un oglekļa dioksīda tikai tad, ja augiem ir labi attīstīta vadaudu sistēma. Pa augu vadaudiem no saknēm uz lapām pārvietojas

ūdens – viens no fotosintēzes izejmateriāliem. Pa vadaudiem tiek transportēti arī fotosintēzes produkti no to sintēzes uz patēriņa un uzkrāšanās vietām. Auga saknes parasti atrodas augsnē, un to šūnās notiekošie dzīvības procesi ir atkarīgi no organisko vielu piegādes no lapām. Efektīva transporta sistēma nodrošina arī sakņu iekļūšanu dziļi augsnē, lai tās varētu uzņemt ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām.

Transporta sistēma augā nodrošina vielu piegādi visstraujāk augošajām auga daļām. Jaunās lapas un ziedpumpuri augtu

un attīstītos krietni lēnāk, ja tie būtu atkarīgi tikai no savas fotosintēzes spējas. Gari ziedaugu stumbri, kuri var eksistēt transporta sistēmas dēļ, dod iespēju augam pacelt augstāk vairošanās orgānus, kas tādējādi vairāk tiek pakļauti vēja ietekmei. Vējš izplata to putekšņus un sēklas. Evolūcijas gaitā attīstoties apputei, ko nodrošina dzīvnieki, ziediem bija jāveidojas vietas, kur tie ir dzīvniekiem labāk pamanāmi.

Tādējādi kļūst skaidrs, kāpēc augi ar vadaudu sistēmu ir valdošie augi sauszemes vidē.

Kopsavilkums

2.1. Augiem nepieciešamās minerālvielas

Augiem nepieciešami gan neaizvietojamie, gan arī aizvietojamie minerālelementi. Ogleklis, ūdeņradis un skābeklis veido 96 % no augu sausās masas. Citus nepieciešamos elementus augi ar saknēm no augsnes uzņem jonu veidā. Pat slāpekli (N), kurš sastopams gaisā, augi uzņem galvenokārt NO_3^- veidā.

Minerālelementu nozīmi augu dzīvē var noteikt, izmantojot hidroponikas metodi – augu audzēšanu šķīdumā. Šķīdumu pagatavo, ūdenim pievienojot visus elementus, izņemot vienu. Ja šādā šķīdumā audzēts augs nīkuļo, tad auga augšanai ir nepieciešami citi elementi.

Saknes var uzņemt tikai tās minerālvielas, kas atrodas augsnē, turklāt vienas vai otras minerālvielas uzņemšana ir atkarīga no pH vērtības. Piemēram, kalcija (Ca^{2+}), kālija (K^+) un magnija (Mg^{2+}) jonus no augsnes daļiņām izspiež ūdeņraža joni (H^+), un augs tos nespēj izmantot. Pazeminoties pH vērtībai, palielinās alumīnija (Al^{3+}) un dzelzs (Fe^{3+}) šķīdība, bet pārāk lielā daudzumā tie augiem ir toksiski.

Minerālvielu jonu transportu cauri plazmatiskajai membrānai nodrošina hemiosmozes mehānisms. Protonu sūknis transportē H^+ no šūnas, un veidojas elektroķīmiskais gradients, kas ļauj pozitīvi lādētajiem joniem iekļūt šūnā. Negatīvi lādētie joni šūnā iekļūst kopā ar H^+ , kas pārvietojas šo jonu koncentrācijas gradienta virzienā.

Augiem ir dažādi pielāgojumi, kas ļauj tiem uzņemt nepieciešamos minerālelementus. Tauriņziežiem ir raksturīgi gumiņi, kuri ir inficēti ar gumiņbaktērijām *Rhizobium*, kas padara slāpekli šiem augiem izmantojamu. Citiem augiem savukārt raksturīga mikoriza – sēņu simbioze ar šo augu saknēm. Sēne augam piegādā augsnē esošos minerālelementus, bet augs sēni nodrošina ar cukuriem un aminoskābēm. Dažiem augiem ir vāji attīstīta sakņu sistēma. Vairums epifītu dzīvo uz kokiem, bet neparazītē uz tiem. Savukārt citi augi, piemēram, baltais āmulis, parazitē uz sava saimniekauga.

2.2. Ūdens pārvietošanās augā

Augiem, pielāgojoties dzīvei uz sauszemes, ir attīstījusies vadaudu sistēma. Pa vadaudiem pārvietojas ūdens un tajā izšķīdušās minerālvielas no saknēm uz lapām, kā arī fotosintēzes produkti pretējā virzienā. Vadaudi veido koksni un lūksni.

Ūdens saknē var iekļūt, pārvietojoties pa starpšūnu telpu, līdz sasniedz Kaspari svītras un pēc tam caur endodermas šūnām iekļūst koksnē. Ūdens saknē var iekļūt arī caur spurgaliņām, pēc tam pārvietoties pa primārās mizas un endodermas šūnām, līdz sasniedz koksni.

Ūdens iekļūst saknes šūnās, jo tajās ir mazāks ūdens potenciāls. Galvenokārt nakts laikā saknēs attīstās spiediena potenciāls, ko sauc par saknes spiedienu. Tomēr tas nav būtisks vielu transportam pa koksnes vadaudiem.

Lielu daļu augsnē esošā ūdens augs nespēj uzņemt. Smilšainās augsnēs ūdens ātri uzsūcas, bet mālainā augsnē tas piesaistās nelielām māla daļiņām. Ūdens daudzumu, kas palicis augsnē pēc tā uzsūkšanās, sauc par lauka kapacitāti, bet stāvokli, kurā saknes nevar no augsnes uzņemt ūdeni, – par pastāvīgo višanas punktu.

Kohēzijas sprauguma modelis izskaidro ūdens pārvietošanās mehānismu pa koksnes vadaudiem. Transpirācija izraisa spraugumu – negatīvu spiediena potenciālu, kas pa koksnes vadaudiem velk augšup ūdeni. Tas iespējams, tikai pateicoties kohēzijai (ūdens molekulu savstarpējās pievilksnās spēkam) un adhēzijai (to pievilksnās spēkam pie koksnes vadaudu šūnapvalkiem).

Lielāko daļu ūdens augs zaudē caur atvērtnēm transpirācijas laikā. Atvērtnes ir atvērtas tikai gadījumā, ja augam pietiek ūdens, un tādējādi lapās iekļūst arī oglekļa dioksīds un var notikt fotosintēze.

Atvērtnes atveras nosprīgojoties un uzbriestot, ja to slēdzējšūnas uzņem ūdeni. Vispirms slēdzējšūnās iekļūst kālija joni, pēc tam – ūdens.

Signāls, kas izraisa atvērtniņu atvēršanos, ir gaisma, savukārt oglekļa dioksīds izraisa to aizvēršanos. Arī absciscskābe, kas sintezējas vīstošu lapu šūnās, var izraisīt atvērtniņu aizvēršanos.

2.3. Organisko vielu transports augā

Vielu transports pa lūksnes vadaudiem notiek saskaņā ar spiediena-plūsmas modeli, kurš izskaidro, ka pozitīvs spiediena potenciāls spiež organisko vielu šķīdumus pa lūksnes vadaudiem jebkurā virzienā. Saharozē lūksnē tiek aktīvi transportēta saskaņā ar hemiosmozes mehānismu, un ūdens līdz ar to pārvietojas virzienā, kur osmotiskais potenciāls ir mazāks. Rezultātā spiediena potenciāla palielināšanās izraisa plūsmu, kas nodrošina ūdens un tajā izšķīdušās saharozes transportu virzienā uz patēriņa vai uzkrāšanās vietām. Tās var būt gan saknes, gan arī jebkuras citas auga daļas, kurām nepieciešamas barības vielas.

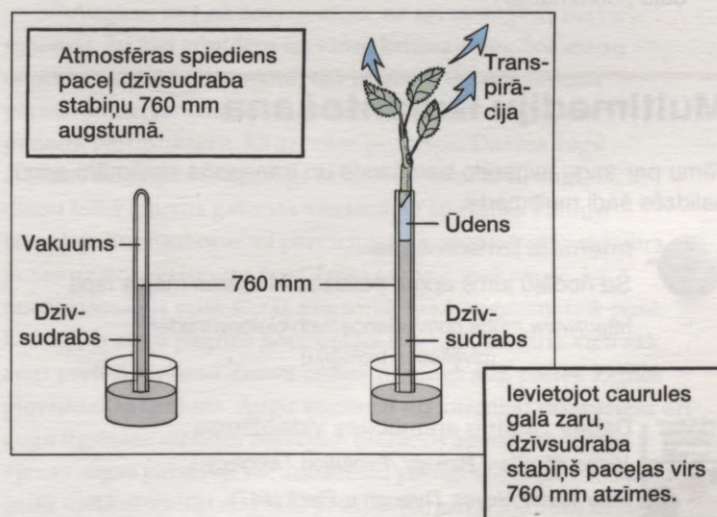
Pārbaudiet sevi

- Kādi elementi veido auga organismu? Kas ir neaizvietojamie un kas ir aizvietojamie neorganiskie elementi? 26. lpp.
- Īsi raksturojiet divas metodes, kuras izmanto, lai noteiktu minerālelementu funkcijas augā! 26. lpp.
- Izskaidrojiet, kā skābie nokrišņi ietekmē augu spēju uzņemt minerālelementus! Kāpēc augi šādā gadījumā var aiziet bojā? 27. lpp.
- Raksturojiet hemiosmozes mehānismu, saskaņā ar kuru minerālvielu joni šķērso plazmatiskās membrānas! 28.–29. lpp.
- Nosauci divus simbiotisko attiecību veidus, kas augiem palīdz uzņemt minerālvielas, un divu veidu augus, kas minerālvielas neuzņem ar saknēm no augsnes! 28.–29. lpp.
- Kāpēc dzīve uz sauszemes izraisīja augos nepieciešamību attīstīties vadaudu sistēmai? Kas ir augu vadaudu sistēma? 30. lpp.
- Kas ir ūdens potenciāls? Kādi divi faktori šūnās nosaka ūdens potenciālu? Kāpēc ūdens potenciāls abpus membrānai ir vienāds, ja šūnas ir turgescentas? 31. lpp.
- Miniet divus ceļus, kādos ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām var šķērsot saknes epidermu un primāro mizu! Kāda endodermas šūnu īpašība nosaka to spēju regulēt molekulu iekļūšanu saknes vadaudos? 32. lpp.
- Kas ir saknes spiediens? Kāpēc tas nenosaka ūdens transportu pa koksni? 32. lpp.
- Kā lauka kapacitāte un pastāvīgais višanas punkts izskaidro auga spēju izmantot augsnē esošo ūdeni? Kāpēc augsnes atšķiras pēc to spējas sevi saglabāt ūdeni? 32. lpp.
- Raksturojiet ūdens transporta kohēzijas-spraiguma modeli un pierādiet, ka tas darbojas! 33. lpp.
- Aprakstiet atvārsnišu uzbūvi un izskaidrojiet to atvēršanās un aizvēršanās mehānismu! Ar kāda mehānisma palīdzību slēdzējšūnas uzņem kālija jonus? 34. lpp.
- Kādi fakti liecina, ka pa lūksni pārvietojas organiskās vielas? Izskaidrojiet spiediena-plūsmas modeli organisko vielu transportam pa lūksni! 36.–37. lpp.
- Kurš apgalvojums par lauka kapacitāti ir pareizs?
 - Tas pats, kas pastāvīgais višanas punkts
 - Augsnē esošā ūdens daudzums, ko augs spēj izmantot
 - Ūdens daudzums, kas paliek augsnē pēc tā uzsūkšanās
 - Tā ir lielāka smilšainās nekā mālainās augsnēs
- Kad atvārsnītes parasti ir atvērtas?
 - Naktī, kad augam nepieciešams skābeklis
 - Dienā, kad augam nepieciešams oglekļa dioksīds
 - Ja augsnē ir pietiekami daudz ūdens
 - Visi iepriekš minētie apgalvojumi ir pareizi
- Kurš nav minerālvielu jons?
 - NO_3^-
 - Mg^+
 - CO_2
 - Al^{3+}
- Kādā virzienā plūst ūdens?
 - No lielāka ūdens potenciāla uz mazāku ūdens potenciālu
 - No pozitīvāka ūdens potenciāla uz negatīvāku ūdens potenciālu
 - No pozitīvāka osmotiskā potenciāla uz negatīvāku ūdens potenciālu
 - Visi iepriekš minētie apgalvojumi ir pareizi
- Ko nosaka spiediena-plūsmas modelis vielu transportam pa lūksni?
 - Lūksnes sula vienmēr plūst virzienā no lapām uz sakni
 - Lūksnes sula vienmēr plūst virzienā no saknes uz lapām
 - Saharoze ar ūdens plūsmu pārvietojas no tās avota uz patēriņa vai uzkrāšanās vietām
 - Pareizi ir apgalvojumi A un C
- Kādā procesā nepiedalās spurgaliņas?
 - Skābekļa uzņemšanā
 - Minerālvielu uzņemšanā
 - Ūdens uzņemšanā
 - Oglekļa dioksīda uzņemšanā
- Izskaidrojiet, kāpēc šis eksperiments apstiprina hipotēzi, ka transpirācija izraisa ūdens pacelšanos līdz koku galotnēm!

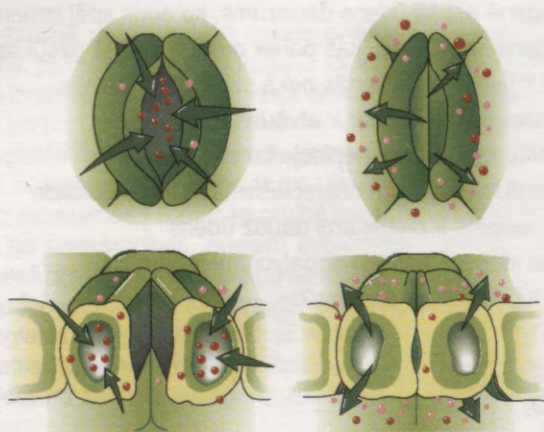
Tests

Izvēlieties vienu piemērotāko atbildi uz katru jautājumu!

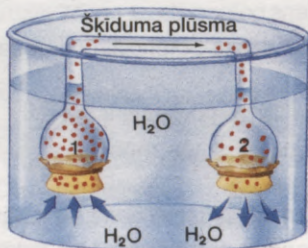
- Kura **nav** augu barības viela?
 - Ūdens
 - Oglekļa dioksīds
 - Minerālvielu joni
 - Slāpekļis
- Ko ietekmē Kaspari svītras?
 - Ūdens un minerālvielu transportu pa vadaudiem
 - Ūdens, bet ne minerālvielu transportu
 - Minerālvielu, bet ne ūdens transportu
 - Neietekmē ne ūdens, ne minerālvielu transportu augā



10. Norādiet, kur zīmējumā jābūt ūdenim un kālija joniem! Kāda ir kālija jonu nozīme atvārsnišu kustību regulēšanā?



11. Izskaidrojiet, kāpēc šķīdums plūst virzienā no kreisā trauka uz labo!



Papildjautājumi

1. *Dzīvie organismi ir fizikāli un ķīmiski mehānismi.*

Kā ūdens transports pa koksni apstiprina šo apgalvojumu? Kā atvārsnišu atvēršanās un aizvēršanās apstiprina šo apgalvojumu? Kā organisko vielu transports pa lūksni apstiprina šo apgalvojumu?

2. *Augiem, līdzīgi citiem dzīvajiem organismiem, ir sarežģīta uzbūve.*

Kā koksnes uzbūve sekmē augos notiekošo procesu un augu daļu koordināciju?

Multimediju izmantošana

Tēmu par augu minerālo barošanos un transporta sistēmām apgūt palīdzēs šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums apgūt palīdzēs Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>

(izvēlieties bioloģiju)



Dabas zinātņu animācijas videofilmas

Video #5: Plant Biology / Evolution / Ecology

How Water Moves Through a Plant (#47)

How Food Moves From a Source to a Sink (#48)

Jēdzienu izpratne

Atvārsnīte	34. lpp.	Neaizvietojamie minerālelementi	26. lpp.
Endoderma	32. lpp.	Pavadītājšūna	30. lpp.
Epifīts	29. lpp.	Saknes spiediens	32. lpp.
Gumiņš	28. lpp.	Sietstobra šūna (posms)	30. lpp.
Gutācija	32. lpp.	Slāpekļa fiksācija	28. lpp.
Hidroponika	26. lpp.	Slēdzējšūna	34. lpp.
Kaspari svītras	28. lpp.	Spiediena-plūsmas modelis	36. lpp.
Kohēzijas-spraiguma modelis	33. lpp.	Spurgaliņa	28. lpp.
Koksne	30. lpp.	Traheīda	30. lpp.
Kutikula	33. lpp.	Trahejas posms	30. lpp.
Lūksne	30. lpp.	Transpirācija	33. lpp.
Makroelementi	26. lpp.	Ūdens potenciāls	31. lpp.
Mikoriza	29. lpp.		
Mikroelementi	26. lpp.		
Mizas gredzena noņemšana	36. lpp.		

Sameklējiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- _____ – spēks, kuru izraisa osmotiskais gradients, kas nodrošina vielu šķīdumu tuvo transportu pa koksnes vadaudiem.
- _____ – ūdens pilienu izdalīšanās lapu malās un galos.
- _____ – modelis, kas izskaidro pozitīva spiediena potenciāla izraisīto vielu transportu pa lūksnes vadaudiem, kuru izraisa saharozes aktīvais transports un ūdens pasīvais transports.
- _____ – augi, kas ir piestiprinājušies pie citiem augiem un uzņem barības vielas no gaisa.
- _____ – fizioloģisks process, kurā augšs izdala atmosfērā ūdeni galvenokārt caur atvārsnītēm.
- _____ – ūdens potenciālā enerģija; mērvienība spējai izdalīt vai uzņemt ūdeni.
- _____ – saknes epidermas izaugums.
- _____ – augu sakņu struktūra, kurā atrodas slāpekli fiksējošās baktērijas.
- _____ – simbiotiskas attiecības starp sēņu hifām un vaskulāro augu saknēm. Augs ar sēņu palīdzību uzņem minerālvielu jonus, savukārt sēnes no auga saņem ogļhidrātus.
- _____ – augu šūnas, kuras sakārtotas pa pāriem un starp kurām atrodas atvārsnītes sprauga. Šo šūnu turgora maiņa regulē spraugas atvēršanos un aizvēršanos, tādējādi nodrošinot gāzu maiņu.

Augu augšana un attīstība

3. NODAĻA

Nodaļas saturs

3.1. Augu atbildes reakcija uz kairinājumu

- Augi atbild uz kairinājumu, izmantojot uztveres-pārveidošanas-atbildes reakciju sistēmu. 42. lpp.
- Tropismi ir augu augšanas atbildes reakcijas, ko izraisa vienusējais kairinātājs, piemēram, gaisma un gravitāte. 42. lpp.
- Augiem dažkārt izpaužas diennakts ritmi (piemēram, atvēršanās un aizvēršanās), kas cikliski atkārtojas katras stundas. 45. lpp.

3.2. Fitohormoni – augu atbildes reakciju izraisītāji

- Daži fitohormoni stimulē augu augšanu, bet citi – kavē to. 46. lpp.
- Tiek pētīti auksīna un giberelīna funkcionēšanas bioķīmiskie pamati. 46. lpp.
- Pašlaik uzskata, ka dažādas augu atbildes reakcijas uz kairinātājiem nosaka dažādu fitohormonu mijiedarbība. 53. lpp.

3.3. Sezonālās pārmaiņas nosaka gaismas periods

- Hormons fitohroms piedalās augu atbildes reakcijās, ko nosaka dienas garums (fotoperiods). 54. lpp.



Kokospalmas (*Cocos nucifera*) sēklas dīgšana

Visi organismi uztver kairinājumus, pārveido tos nozīmīgos signālos un atbilstoši reaģē uz tiem. Augi atbild uz tādiem kairinātājiem kā gaisma, Zemes pievilkšanas spēks un gadalaiku maiņa. Pavasarī sēklas dīgst. Ja augsne ir pietiekami silta un mitra, jaunie augi sāk augt, izmantojot saules gaismu. Temperatūrai pazeminoties, dzinumumu un sakņu galotnes augšana tiek kavēta.

Augiem nav ne acu, ne ausu, ne arī sarežģītas nervu sistēmas, lai ātri atbildētu uz vides kairinājumu. Šos maņu orgānus aizstāj fitohormoni, kas iesaistīti dienas garuma pārmaiņu uztveršanā, lapu nomešanā rudenī, sēklu miera perioda pārtraukšanā, kā arī citos procesos. Dažām augu atbildes reakcijām ir islaicīgs raksturs. Piemēram, augi dažu dienu laikā izliecas gaismas virzienā, jo augšanas konusā izveidojušies fitohormoni pārvietojas no apgaismotās stumbra puses uz neapgaismoto pusi. Izliekšanās notiek tāpēc, ka neapgaismotajā pusē šūnas aug ātrāk nekā apgaismotajā pusē. Līdzīgi, ja augu pagriež horizontālā stāvoklī, tas drīz vien sāk augt pretējā virzienā Zemes centram – augs aug pretēji Zemes pievilkšanas spēkam. Augu augšanai un attīstībai raksturīgas arī augu ilgstošas atbildes reakcijas. Dažādos apstākļos auguši vienas sugas pārstāvji var izskatīties pilnīgi atšķirīgi. Piemēram, gaišā vietā atsevišķi augušie priedes parasti ir zarotas, zemas, savukārt silā augušie – garas, slaidas, ļoti mazzarotas.

3.1. Augu atbildes reakcija uz kairinājumu

Organismi spēj atbildēt uz vides kairinājumiem, piemēram, cilvēks atrauj roku no karstas virsmas. Atbilde uz vides kairinājumu saistīta ar organisma un līdz ar to arī sugas izdzīvošanu. Dzīvnieki uz vides kairinājumu bieži vien atbild ar kustībām. Piemēram, ja jaundzimušajam mutē ieliek knupi, viņš uzreiz sāk zīst. Dažkārt arī augi strauji atbild uz vides kairinājumu, piemēram, atvārsnītes atveras pēc saullēkta. Dzīvnieki, atbildot uz vides kairinājumu, var mainīt savu atrašanās vietu, savukārt augi, kuri ar saknēm ir nostiprinājušies augsnē, maina augšanas veidu. Izpētot koka gadskārtas, var noteikt, kādi augšanas apstākļi ir bijuši šim kokam vai pat to, kādi klimata apstākļi bijuši agrākos laikos.

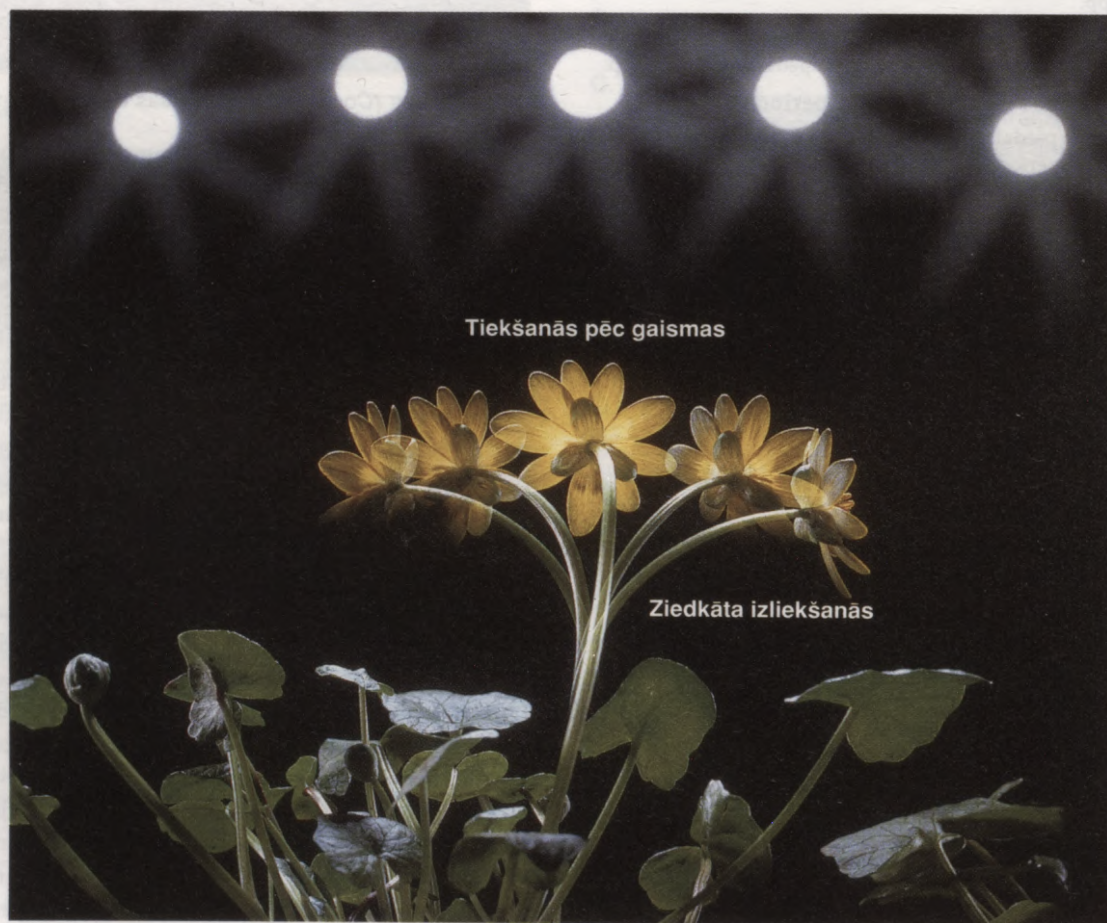
Augu atbildes reakcija notiek augot

Augu augšanu vienpusēja kairinātāja virzienā vai prom no tā sauc par **tropismu** (gr. *tropos* – griešanās). Ar vienpusēju kairinātāju jāsaprot situācija, kad kairinātājs darbojas tikai vienā virzienā, nevis visos virzienos vienmērīgi.

Augšanu kairinātāja virzienā sauc par pozitīvu tropismu, bet augšanu pretējā virzienā – par negatīvu tropismu. Tropismu izraisa augšanas atšķirības. Orgāna viena puse aug ātrāk nekā otra, kā rezultātā tas izliecas kairinātāja virzienā vai arī prom no tā (3.1. att.). Dabā visvairāk ir izplatīti trīs tropismu veidi.

Fototropisms: kustība gaismas kairinājuma ietekmē
 Ģeotropisms: kustība Zemes pievilkšanas spēka ietekmē
 Tigmotropisms: kustība pieskāriena ietekmē

Kāds mehānisms ļauj augam atbildēt uz kairinājumu? Ja cilvēks atbild uz gaismas kairinājumu, šo kairinātāju vispirms uztver acs tīklenes pigments, bet pēc tam nervu impulsi signālu novada līdz smadzenēm. Pēc tam cilvēks atbilstoši reaģē uz kairinājumu. Citiem vārdiem sakot, pirmais posms ir kairinājuma *uztveršana*. Nākamais posms ir *pārveidošana* jeb kairinājuma pārvēršana organismam saprotamā formā. Šajā gadījumā tā bija gaismas kairinājuma



3.1. attēls. Fototropisms

Mazpurenes (*Ranunculus ficaria*) zieda stāvokļa maiņa atkarībā no gaismas avota atrašanās vietas

pārvēršana nervu impulsā. Visbeidzot seko organisma *atbildes* reakcija. Turpmāk 49. lappusē tiks aprakstīti pētījumi šūnas līmenī par signāla saistību ar atbildes reakciju augā.

Augu atbildes reakcija uz gaismu

Jau agrāko laiku pētnieki, piemēram, Čārlzs Darvins un viņa dēls Frenis, novēroja, ka augi izliecas gaismas virzienā. Pozitīvais **fototropisms** (gr. *photos* – gaisma un *tropos* – pagriešanās) ir novērojams tāpēc, ka šūnas stumbra ēnas pusē aug ātrāk nekā apgaismotajā pusē. Pagriešanos pretēji gaismas avotam sauc par negatīvo fototropismu. Atkarībā no augu sugas saknes ir gaismas nejutīgas vai arī tām raksturīgs negatīvais fototropisms.

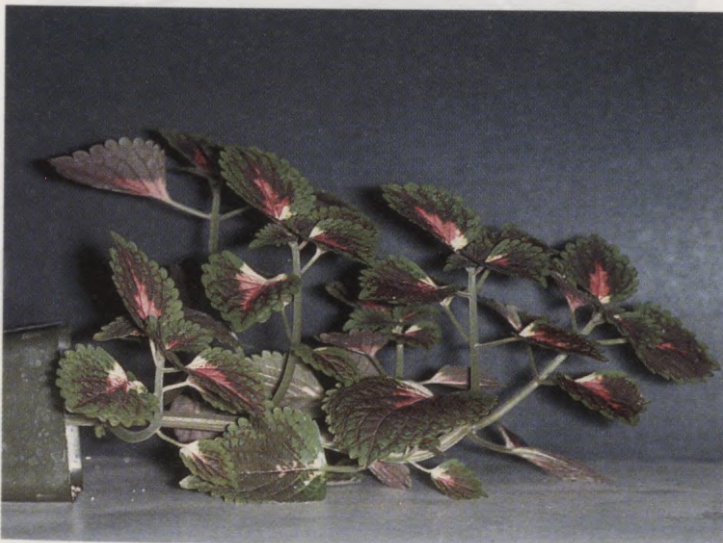
Tā kā zilā gaisma īpaši ietekmē fotoperiodismu, uzskata, ka vitamīnam riboflavīnam radniecīgs dzeltenais pigments darbojas kā gaismas fotoreceptors. Gaismas signāla uztveršanai seko fitohormona auksīna pārvietošanās no stumbra apgaismotās uz neapgaismoto pusi. Tāpēc stumbrs izliecas gaismas virzienā. Vēl joprojām nav skaidrs, kā kairinātājs (gaisma) ir saistīts ar auksīna veidošanos.

Turpmāk tiks paskaidrots, ka auksīns tiek iesaistīts arī gravitropismā, **apikālajā dominēšanā**, sakņu un sēklu attīstībā.

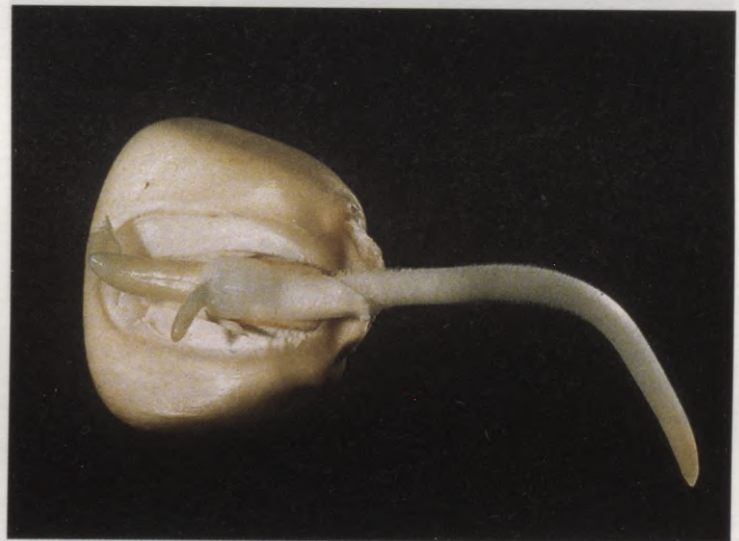
Augu atbildes reakcija uz Zemes pievilkšanas spēku

Ja auga stumbru novieto horizontālā stāvoklī, tas drīz vien sāk augt augšup – šo parādību sauc par negatīvo **ģeotropismu** (lat. *gravis* – smags un gr. *tropos* – pagriešanās) (3.2. att. A). Čārlzs Darvins un viņa dēls pirmie izteica domu, ka saknēm atšķirībā no stumbriem raksturīgs pozitīvais ģeotropisms (3.2. att. B). Vēlāk viņi atklāja, ka saknei vairs neizpaužas ģeotropisms, ja tai ir noņemta saknes uzmava. Vēlāk pētnieki šo parādību izskaidroja. Saknes uzmavas šūnās atrodas sensori, ko sauc par **statolītiem**. Tie, visticamāk, ir augu plastidās, amiloplastos (leikoplastu tips) uzkrājušies cietes graudi. Zemes pievilkšanas spēka ietekmē amiloplasti kontaktējas ar šūnu apakšējo daļu (3.2. att. C).

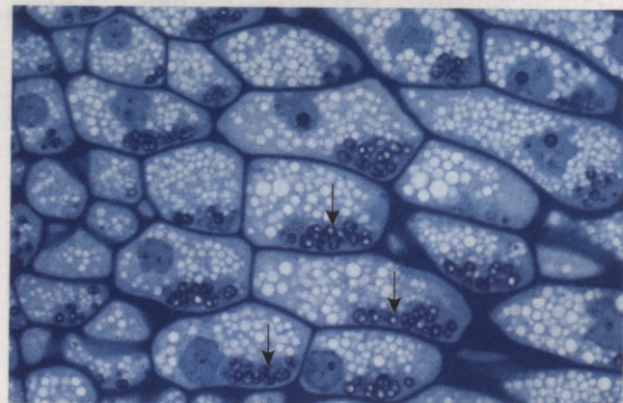
Sakņu pozitīvo ģeotropismu un stumbru negatīvo ģeotropismu nosaka fitohormons auksīns. Uz horizontāli novietota auga audiem iedarbojoties Zemes pievilkšanas spēkam, auksīns nokļūst gan stumbra, gan arī saknes apakšējā daļā. Saknes un stumbra atbildes reakcija uz šo auksīna atrašanās vietu ir dažāda. Auksīns inhibē sakņu augšanu, tāpēc sakņu virspusē esošās šūnas sāk augt un sakne noliecas lejup. Stumbra augšanu auksīns stimulē, tāpēc apakšējās šūnas pastiprināti aug un stumbrs paceļas augšup.



A



B



Zemes pievilkšanas spēks

25 μm

C

3.2. attēls. Ģeotropisms

A. Skaistnātres (*Coleus*) stumbra negatīvais ģeotropisms 24 stundas pēc auga novietošanas horizontāli.

B. Dīgstošas kukurūzas saknes pozitīvais ģeotropisms.

C. Statolītu nogulsnešanās (sk. bultas), ko veido amiloplasti ar tajos uzkrātiem cietes graudiem, izskaidro, kā saknes uztver Zemes pievilkšanas spēku.



3.3. attēls. Auga višanās kustības, ko izraisa pieskaršanās cietam objektam

Augu atbildes reakcija uz pieskārienu

Augu nevienmērīgu augšanu, ko izraisa kontakts ar cietiem objektiem, sauc par **tigmotropismu** (gr. *tigma* – pieskāriens un *tropos* – pagriešanās). Šādas augšanas piemērs dabā ir, piemēram, augu stumbru vai zirņu vītu aptīšanās kādam objektam (3.3. att.).

Augs aug stāvus, līdz tas pieskaras kādam objektam. Šūnas, kas pieskaras, piemēram, mietam, aug lēnāk nekā šūnas pretējā pusē. Tigmotropisms var izpausties ļoti strauji – daži augi vītes objektam aptin desmit minūtēs. Atbildes reakcija ir ļoti ilgstoša. Dažu minūšu pieskāriens var izraisīt reakciju, kas ilgst vairākas dienas. Atbildes reakcija var arī aizkavēties. Pieskaroties objektam tumsā, vītes sāks vīties ap to tikai

tad, kad iestājas gaisma. Atbildes reakciju izraisa nevis gaisma, bet gan ATP (adenozīntrifosfāts), tāpēc prasības pēc gaismas būtībā ir prasības pēc ATP. Arī fitohormoni auksīns un etilēns ir iesaistīti šajā atbildes reakcijā, jo tie inducē izliekšanos, pat ja augs objektam nepieskaras. Tigmomorfoģenēze ir tigmotropismam radniecīga atbildes reakcija uz pieskārienu. Šajā gadījumā uz vides kairinājumu, piemēram, vēju vai lietu, atbild viss augs. Tādējādi vējainā vietā augošiem augiem parasti izveidojas īsāks un zarotāks stumbrs nekā aizsargātās vietās augošiem augiem. Pat vienkārša mehāniska stimulācija, piemēram, auga berzēšana ar nūjiņu, var inhibēt šūnu stiepšanos, kā rezultātā attīstās spēcīgāks augs ar izturīgākiem mehāniskajiem audiem.

Augu atbildes reakcija uz turgora spiediena maiņu

Atšķirībā no tropismiem nastijas nav atkarīgas no kairinātāja darbības virziena. Pieskāriena, vibrācijas vai termiska kairinātāja ietekmē parādās auga seismonastijas. Pieskaroties kautrīgās mimozas (*Mimosa pudica*) lapai, tās lapiņas sakļaujas, jo lapiņu kāti piekļaujas lapas galvenajam kātam (3.4. att.). Šo atbildes reakciju, kas izpaužas jau pēc dažām sekundēm, izraisa turgora samazināšanās šūnās, kas atrodas uzbiezinājumos pie katras lapiņas pamatnes. Pētījumi rāda, ka vispirms no šūnām tiek aizvadīti kālija joni (K^+), bet pēc tam no tām osmozes ceļā izplūst ūdens. Lai mimozas lapa reaģētu, pietiek ar niecīgu sakarsētas adatas pieskārienu. Lai šāda atbildes reakcija notiktu, augā ir jādarbojas nerviem līdzīgam impulsa transportēšanas mehānismam.

Augam, ko sauc par Veneras mušķērāju, katras lapas pārveidnes pamatnē piestiprināti trīs jutīgi matiņi. Ja tiem pieskaras kukainis, nervu impulsam līdzīgi impulsi liek lapu pārveidnēm aizvērties. Arī šādas atbildes reakcijas nosaka turgora spiediena maiņa slazdu veidojošo lapu pārveidņu šūnās.

Dažiem augiem ir nakts izraisītas kustības

Nakts kustības ir auga nastiska atbildes reakcija uz diennakts gaišā un tumšā laika maiņu. Viens no tipiskākajiem nakts kustību piemēriem ir istabas augs maranta (*Maranta leuconeura*), kuram naktī lapas novietojas stāvoklī, kas atgādina lūgšanas pozā saliktas rokas (3.5. att.). Arī šīs kustības izraisa turgora maiņa katras lapas pamatnes šūnās.

Iekšējais pulkstenis ir organismiem raksturīgas periodiskas svārstības, kas atbilst vides apstākļu pārmaiņām. Piemēram, cilvēka ķermeņa temperatūra un asinsspiediens mainās atkarībā no diennakts laika un noteiktās diennakts stundās cilvēks kļūst miegains. Tikko pieminētajam istabas augam marantai izpaužas ritmiska "miegainuma" uzvedība. 24 stundu bioloģisko ciklu sauc par **diennakts** jeb **cirkādisko ritmu** (lat. *circum* – apmēram un *dies* – diena).



Pirms



Pēc

3.4. attēls. Seismonastijas

Kautrīgās mimoses (*Mimosa pudica*) lapas pirms un pēc pieskāriena

Diennakts ritmi turpina pastāvēt arī tad, ja noteikti vides apstākļi vairs nedarbojas. Piemēram, pēc tāla lidojuma ar lidmašīnu, mainoties laika joslām, cilvēks vēl vairākas dienas izjūt laika atšķirības starp iepriekšējo vidi un vidi, kurā viņš ir ieradies. Iekšējo mehānismu, kurš nosaka bioloģiskā ritma saglabāšanos pat atbilstošu vides apstākļu trūkuma gadījumā, sauc par **bioloģisko pulksteni**. Parasti, ja organismi nav pakļauti vides kairinātājiem, to diennakts ritmi turpinās, bet cikls pagarinās. Piemēram, marantām nakts cikls pagarinās līdz 26 stundām. Tāpēc domājams, ka ārējie kairinātāji sin-



Pirms



Pēc

3.5. attēls. Nakts kustības

Marantas (*Maranta leuconeura*) lapas pirms un pēc tumsas iestāšanās

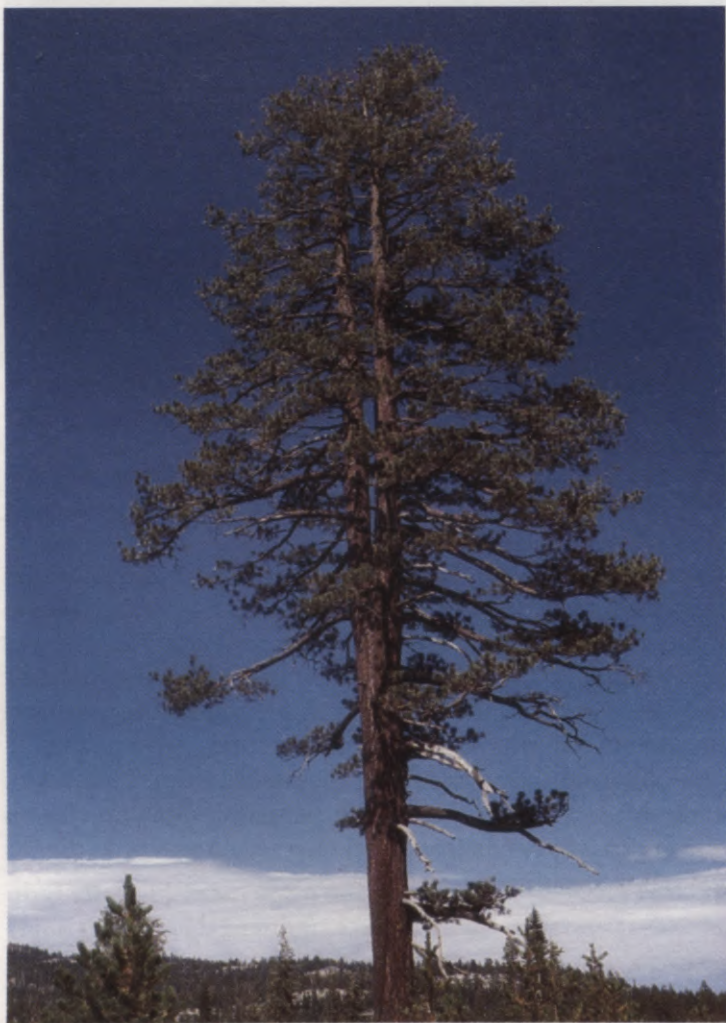
hronizē bioloģiskos pulksteņus uz 24 stundu ritmiem. Šo pulksteni darbina dienas un nakts garuma attiecību maiņa. Temperatūra to neietekmē vai arī ietekmē ļoti nedaudz. Tas ir liels pielāgojums, jo fotoperiods raksturo gadalaiku maiņu labāk nekā temperatūras maiņa. Tas īpaši attiecināms uz pavasari un rudenī, kad dienas var būt gan aukstas, gan arī siltas.

Augiem darbojas arī citi diennakts ritmi. Piemēram, atvārsnītes un dažu augu ziedi parasti atveras no rīta un aizveras naktī, bet daži augi nektāru izdala noteiktās dienas vai nakts stundās.

3.2. Fitohormoni – augu atbildes reakciju izraisītāji

Lai augs varētu reaģēt uz kairinājumu, tā šūnu un orgānu darbībai jābūt stingri koordinētai. Gandrīz visas auga funkcijas saskaņo **fitohormoni** (gr. *phyton* – augs un *hormao* – uzbudināt) – ķīmiskie mesendžeri, kas ļoti niecīgā koncentrācijā sintezējas vienās auga daļās, bet aktīvi darbojas citās. Vairumu atbildes reakciju izraisa daudzu hormonu darbība, un šīs reakcijas ir atkarīgas no hormonu daudzuma attiecībām. Fitohormoni sintezējas vai uzkrājas kādā auga daļā, bet pēc atbilstoša kairinājuma saņemšanas pārvietojas nepieciešamajā virzienā pa lūksnes vadaudiem vai no šūnas uz šūnu.

Ikvienam dabiskajam fitohormonam ir specifiska ķīmiskā uzbūve. Augu augšanu ietekmē arī citas vielas, kuras pēc savas uzbūves tikai nedaudz atšķiras no dabiskajiem fitohormoniem. Šīs vielas un dabiskos fitohormonus dažkārt apvieno vienā grupā un sauc par augu augšanas regulatoriem. Tie tiks aplūkoti 50. lappusē.



3.6. attēls. Apikālā dominēšana

Ja augam atdala galotnes pumpuru, augs sāk zartoties, jo apikālā dominēšana tiek novērsta un no sānpumpuriem sāk attīstīties sānu dzinumi.

Auksīns un tā daudzpusīgā darbība

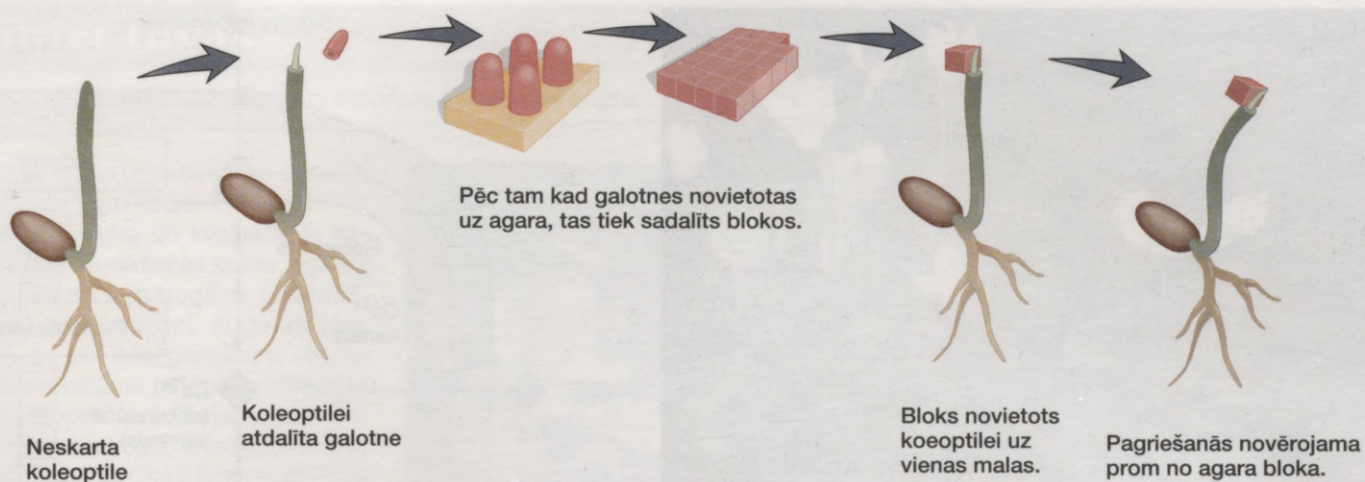
Visizplatītākais dabiskais **auksīns** (gr. *auximos* – veicināt augšanu) ir indoliletiķskābe. Tā sintezējas dzinumu galotnes meristēmā un ir konstatēta jaunajās lapās, ziedos un augļos. Domājams, ka auksīns ietekmē ļoti daudzus augu augšanas un attīstības procesus. Galotnes jeb apikālajā meristēmā sintezētais auksīns kavē sānpumpuru augšanu. Šo parādību sauc par apikālo dominēšanu. Ja augam nejauši vai speciāli atdala galotnes pumpuru, tam tuvāk esošie sānpumpuri sāk augt un augs zarojas. Šo auksīna darbības principu nereti izmanto praksē, kuplāka auga iegūšanai nogriežot tā galotni (apikālo meristēmu). Tādējādi tiek likvidēta apikālā dominēšana un augs sāk zartoties (3.6. att.).

Auksīnu nelielās koncentrācijās izmanto praksē, lai veicinātu augu spraudņu apsākšanos. Augu sēklās sintezētais auksīns veicina augļu augšanu. Kamēr auksīna koncentrācija lapās vai augļos ir lielāka nekā stumbrā, lapas un augļi nenokrīt. Tāpēc, lai nogatavojušies augļi nenokristu, augus var miglot ar auksīnu šķīdumu.

Kā jau iepriekš rakstīts, auksīns ir iesaistīts arī ģeotropismā un fototropismā. Zemes pievilkšanas spēkam iedarbojoties uz augu, auksīns pārvietojas uz sakņu un stumbru zemākajām virsmām, tāpēc saknes liecas leju, bet stumbri – augšup (3.2. att.). Auksīna loma stumbru pozitīvajā fototropismā ir pētīta jau krietni sen. Kā eksperimenta objekts ir izmantotas auzu **koleoptiles** – makstveida aizsargapvalki, kas apņem graudzāļu dīgļu apikālo meristēmu un lapu aizmetņus, sēklai dīgstot, pasargā tos no bojājumiem. 1881. gadā Darvins atklāja, ka fototropisms nav novērojams, ja dīgstam nogriež galotni vai pārklāj to ar melnu uzmaivu. Viņi secināja, ka faktors, kas izraisa izliekšanos, no koleoptiles galotnes tiek transportēts leju uz pārējo dzinumu. 1926. gadā Fritss Vents auzu dīgstiem nogrieza koleoptiļu galotnes un novietoja tās uz agara (želatīnveida viela) barotnes. Pēc tam viņš novietoja agara bloku ar galotnēm vienā pusē koleoptilei, kam nogriezta galotne, un konstatēja, ka dzinums augot pagriežas prom no šīs puses. Izliekšanās bija novērojama, kaut arī dīgsti netika apgaismoti (3.7. att.). Vents secināja, ka agara bloks satur ķīmisku vielu, kas sintezējas koleoptiļu galotnēs. Šī viela izraisa dzinumu izliekšanos. Viņš to nosauca par auksīnu (gr. *auximos* – veicināt augšanu).

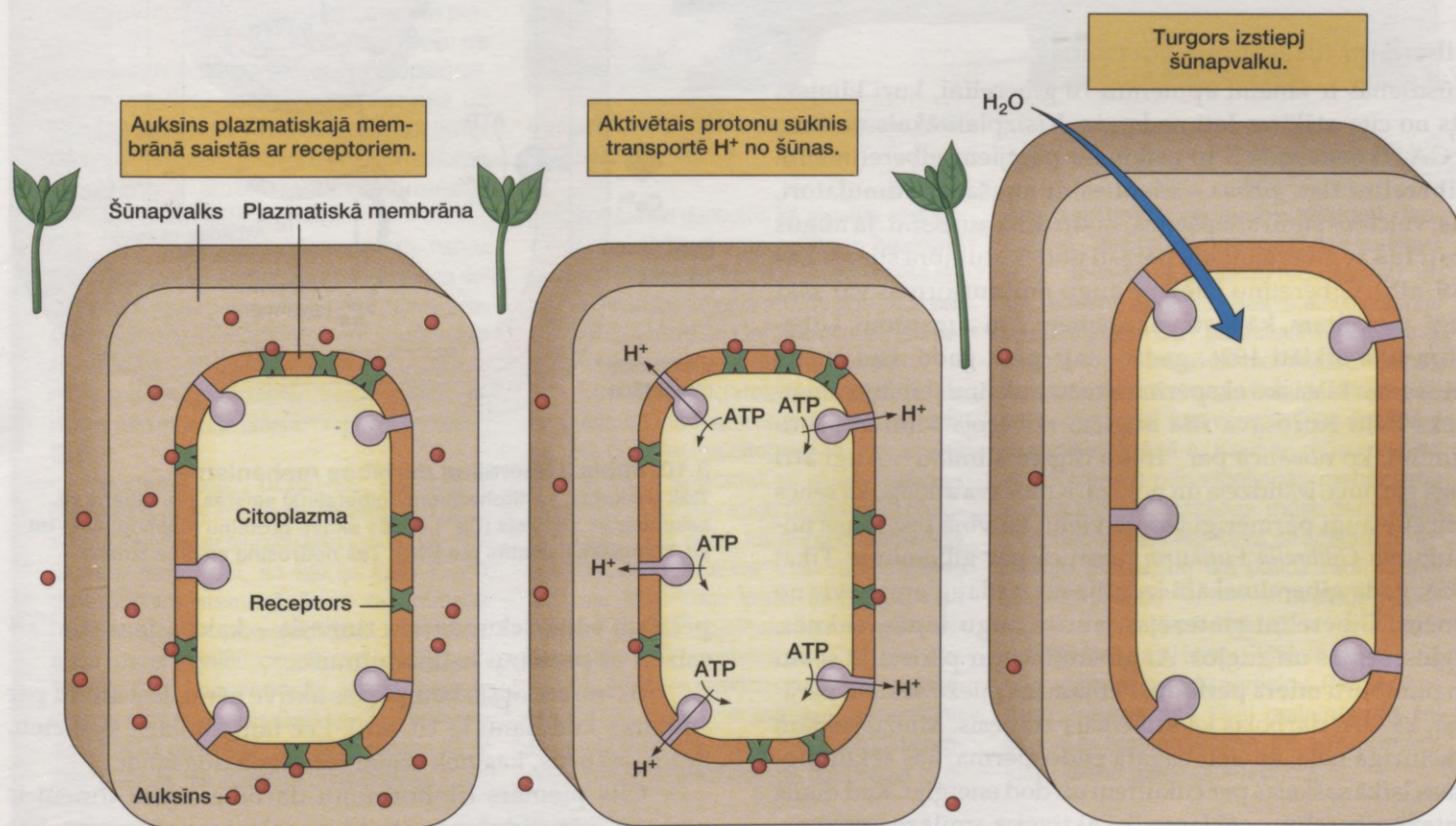
Auksīna darbības mehānisms

Ja augu no vienas puses apgaismo, auksīns pārvietojas uz tā neapgaismoto pusi. Tur tas saistās pie receptoriem un aktivē protonu sūkni, ko darbina ATP enerģija (3.8. att.). Kad ūdeņraža joni (H^+) tiek izsūkņēti no šūnas, šūnapvalka pH vērtība, šķeļoties ūdeņraža saitēm, kļūst mazāka. Celulozes šķiedras kļūst vājākas, un aktivētie enzīmi sāk sašķelt šūnapvalku. Protonu sūkņa radītā elektroķīmiskā gradienta ietekmē šūnā iekļūst izšķīdušās vielas, un šim procesam seko ūdens iekļūšana šūnā osmozes ceļā. Šūnas turgors spiež uz šūnapvalku, un šūna sāk stiepties. Auksīna izraisīta stiepšanās vairāk ir novērojama jaunās nekā vecās šūnās. Iespējams, ka vecās šūnās nav auksīna receptoru.



3.7. attēls. Fototropisma demonstrēšana

Auzas dīgstu galotni aizsargā maksts, ko sauc par koleoptili. Pēc tam kad uz agara novieto nogrieztu koleoptiles galotni, agars tiek sadalīts blokos un viens bloks tiek novietots uz vienas malas koleoptilei, kurai nogriezta galotne. Rezultātā novērojama dīgsta pagriešanās.



3.8. attēls. Auksīna darbības mehānisms

Pēc tam kad auksīns saistās ar receptoru, šī viela veicina protonu sūkņa darbību, kā rezultātā ūdeņraža joni (H^+) tiek izvadīti no šūnas. Pazeminoties pH vērtībai, šūnapvalks kļūst elastīgāks, izšķīdušās vielas sāk iekļūt šūnā, un osmozes rezultātā šūnā sāk ieplūst ūdens un tā izstiepjas.

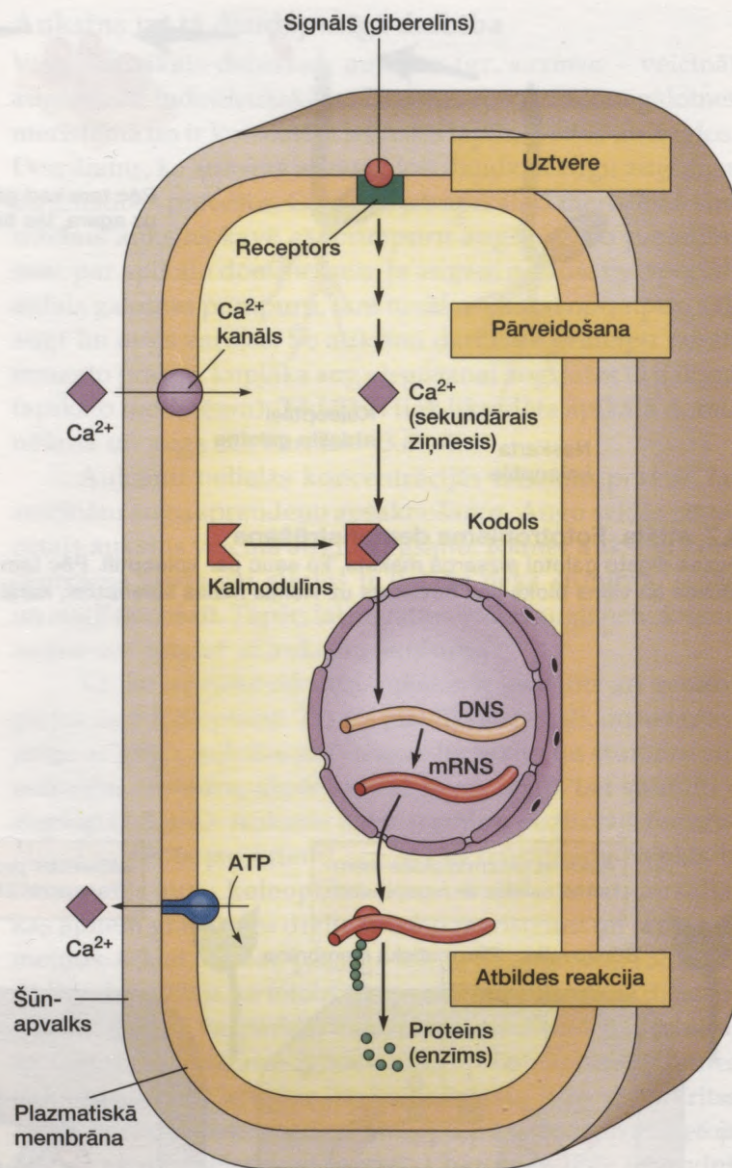


3.9. attēls. Giberelīnu ietekme uz augu augšanu

Attēla labajā pusē redzamais Alpu vijolītes jeb ciklamenas augs bija apstrādāts ar giberelīniem, bet kreisajā pusē redzamais augs nav bijis apstrādāts. Giberelīnus bieži izmanto, lai veicinātu lauksaimniecībā izmantojamu augu stumbru augšanu garumā, tomēr to darbības mehānisms joprojām nav skaidrs.

Giberelīni un stumbra stiepšanās

Mūsdienās ir zināmi apmēram 70 giberelīni, kuri ķīmiski cits no cita atšķiras ļoti nedaudz. Visizplatītākais no tiem ir GA_3 (koeficients 3 to atšķir no pārējiem giberelīniem). **Giberelīni** (lat. *gibbus* – stiepties) ir augšanas stimulatori, kas, veicinot šūnu stiepšanos, nodrošina augšanu. Ja augus apstrādā ar giberelīniem, parasti notiek stumbra stiepšanās (3.9. att.). Giberelīnu ietekmē augu pundurformas var sākt augt, piemēram, kāposti var sasniegt 2 m augstumu. Giberelīni tika atklāti 1926. gadā – tajā pašā gadā, kad Vents veica savu klasisko eksperimentu ar auksīnu. Japāņu zinātnieks Eviti Kurosava rīsa augiem novēroja sēņu izraisītu slimību, ko nosauca par “trako dīgstu slimību”. Augi ātri auga garumā, izstīdēja un nolūza. Kurosava atklāja, ka sēnes inficētie augi pārmērīgi izdala vielu, ko viņš pēc sēnes nosaukuma *Gibbrella Fujikuroi* nosauca par giberelīnu. Tikai 1956. gadā giberelīnskābi izdalīja no ziedaugiem, nevis no sēnēm. Giberelīni sintezējas jaunās augu lapās, saknēs, dīgļos, sēklās un augļos. Ar giberelīnu var pārtraukt sēklu un pumpuru **miera periodu**. Pētījumi ar miežu sēklām parādīja, kā GA_3 darbojas kā ķīmiskais ziņnesis. Miežu sēklām raksturīga liela, ar cieti bagāta endosperma, kas sēklu dīgšanas laikā sašķeļas par cukuriem un dod enerģiju. Kad dīgļis sintezē giberelīnu, sēklapvalkā aktivējas amilāze – enzīms, kas šķeļ cieti. Pastāv hipotēze, ka GA_3 (pirmais ķīmiskais ziņnesis) plazmatiskajā membrānā piesaistās receptoram un



3.10. attēls. Giberelīna darbības mehānisms

Tiek uzskatīts, ka fitohormons (giberelīns) saistās pie receptora, sekundārais ziņnesis (Ca^{2+}) šūnās aktivē proteīnu (kalmodulīnu) un šis komplekss saistās pie DNS. Tas nodrošina enzīma sintēzi.

pēc tam šūnā sekundārais ziņnesis – kalcija joni (Ca^{2+}) – saistās ar proteīnu kalmodulīnu.

Acīmredzot šis komplekss aktivē gēnu, kas atbild par amilāzes kodēšanu (3.10. att.). Pēc tam amilāze šķeļ cieti, radot cukurus, kas tiek izmantoti dīgļa augšanai.

Cits piemērs fitohormonu darbībai šūnu līmenī ir uztveres-pārveidošanas-atbildes reakciju mehānisms, kas aprakstīts nodaļas sākumā. Turpmāk tiks raksturots divu pētnieku darbs šīs problēmas izpētē.

Uzziniet tuvāk

► Dzīvesbiedri pēta signālu pārveidošanas sistēmas augos

Augi uztver dažādus vides kairinājumus un reaģē uz tiem. Šādi kairinājumi ir gaismas intensitāte un kvalitatīvais sastāvs, Zemes pievilksanas spēks, oglekļa dioksīda līmenis, patogēnu infekcija, sausums un pieskārieni. Augu atbildes reakcijas var būt īsas, piemēram, strauja vietēja šūnu bojāeja patogēnu infekcijas vietā. Šī straujā šūnu bojāeja, ko sauc par hiperjutības reakciju, ierobežo tālāku infekcijas izplatību. Cits īstermiņa atbildes reakcijas piemērs ir atvērtnišu atvēršanās un aizvēršanās atkarībā no apgaismojuma. Gaismā atvērtnišes atveras, bet tumšā – aizveras. Tādējādi oglekļa dioksīda uzņemšanu lapās caur atvērtnišēm kontrolē lapu šūnās notiekošās fotosintēzes reakcijas. Augu atbildes reakcijas uz vides kairinājumu var būt arī ilgstošas un saistītas ar pārmaiņām augu augšanā. Kā piemēru var minēt auga atbildes reakciju uz Zemes pievilksanas spēku (ģeotropismu), kuras rezultātā sakne tiecas virzienā uz leju, bet stumbrs – virzienā uz augšu. Ikvienā no minētajiem gadījumiem kairinājuma saistīšana ar atbilstošu atbildes reakciju notiek, pārveidojot signālu.

Mēs zinām, ka augiem nav ne nervu sistēmas, ne arī smadzeņu, tomēr šajos organismos jādarbos kādai sistēmai vai procesam, kas uztver kairinājumu un pārveido to atbilstošā atbildes reakcijā. Mēs cenšamies šos procesus vai sistēmas izpētīt, vadoties pēc mūsu zināšanu un pētījumu rezultātiem.

Būdam augu bioķīmiķis, Donalds ir pievērsies pētījumiem par membrānu transporta saistību ar signālu pārveidošanu. Pētījumi ir parādījuši, ka kalcija jonu (Ca^{2+}) transportam membrānā var būt būtiska nozīme signāla pārveidošanā. Kad augu šūna uztver signālu, citoplazmā īslaicīgi palielinās Ca^{2+} koncentrācija, jo augu membrānās strauji atveras Ca^{2+} kanāli, kas funkcionē citādi nekā Ca^{2+} kanāli dzīvnieku šūnu membrānās. Šī īslaicīgā citoplazmas Ca^{2+}



Donalds Briskins un Margareta Gavienovska
Ilinoisas Universitātē

palielināšanās darbojas kā signāls, kas savieno kairinājumu ar atbildes reakciju bioķīmiskā līmenī. Donalds Briskins pēta arī, kā Ca^{2+} transportējošie enzīmi (tos sauc par Ca^{2+} ATP-āzēm) un Ca^{2+} kanāli tiek saskaņoti, kad kairinājums jau ir uztverts.

Savukārt Margaretas interešu objekts ir izpētīt, kā vienkāršs signāls, piemēram, strauja Ca^{2+} maiņa citoplazmā, var izraisīt tik dažādas specifiskas auga atbildes reakcijas. Būdam augu molekulārā biologe, Margareta pēta, kā augu citoplazmas proteīni, kas saista Ca^{2+} , var radīt atbildes reakciju atšķirības. Īpašu uzmanību viņa pievērš ar Ca^{2+} saistītajam proteīnam kalmodulīnam. Šis proteīns pēc Ca^{2+} piesaistīšanas kontrolē daudzu citu proteīnu aktivitāti. Viņas darbs parāda, ka kalmodulīnu augos kodē daudzi gēni, kas nodrošina proteīna izoformu veidošanos. Izoformas atro-

das dažādos auga audos atšķirīgā daudzumā. Tām raksturīgas dažādas īpašības (Ca^{2+} saistīšana, proteīnu regulēšana), un tās ietekmē auga atbildes reakciju saistību ar īslaicīgajām Ca^{2+} pārmaiņām citoplazmā. Margaretu interesē arī molekulāro metožu izmantošana kalmodulīna saistītāju proteīnu atrašanai, kas var saistīties dažādām augu membrānām. Kaut arī mūsu pieejas augu signālu pārveidošanas mehānismu izprašanā ir ļoti dažādas, mūsu darbi viens otru papildina. Mēs katrs strādājam ar atšķirīgu pieeju, un tas palīdz radīt idejas jauniem eksperimentiem un stratēģijām. Vēl vairāk – mēs kopā strādājam vienā laboratorijā Ilinoisas Universitātē un tas veicina pārrunas un uzskatu apmaiņu. Pētniecības darbs mums nav tikai izaicinājums un intereses apmierināšana, tas arī ļauj mums katru dienu gaidīt jaunu brīnumu.

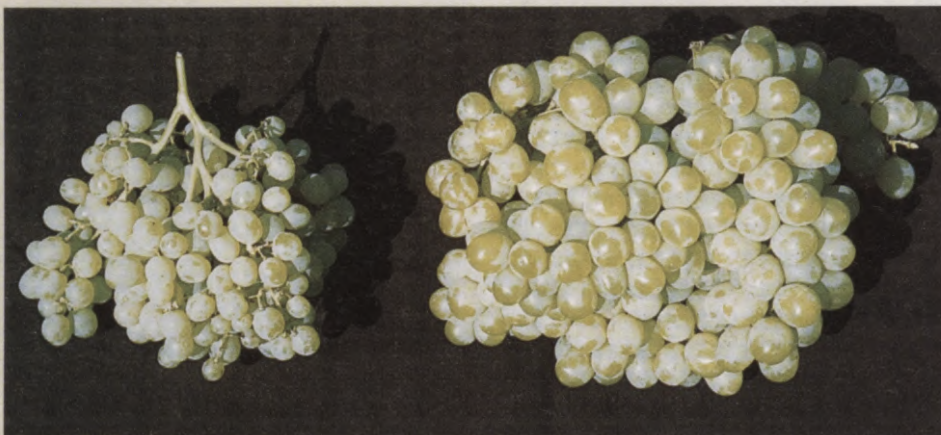
Uzziniet tuvāk

► Augu augšanas regulatori

Tā kā mūsdienās ir zināmas daudzu fitohormonu formulas, tos, tāpat kā tiem līdzīgas vielas, ir iespējams sintezēt laboratorijā. Visas šīs vielas kopā sauc par augu augšanas regulatoriem. Daudzi zinātnieki uzskata, ka augu augšanas regulatori, līdzīgi kā mākslīgais mēslojums, apūdeņošana un pesticīdi, var palielināt augu ražu. Kopš pirmoreiz atklāja auksīnu, ir atrasti dažādi tā izmantošanas veidi lauksaimniecībā un augkopībā. Auksīni stimulē strauju jaunu sakņu veidošanos pie stumbra pamatnes, tāpēc daudzus augus iespējams pavairot ar spraudņiem. Miglojot ar auksīnu šķīdumu ābolus, bumbierus un citus augļus īsi pirms to nogatavošanās, iespējams panākt, ka augļi tik drīz nenobirst. Tā kā auksīni inhibē sānpumpuru augšanu, ar auksīnu migloti kartupeļi nedzen asnus un ilgāk uzglabājas.

Dažus auksīnus lielā koncentrācijā plaši izmanto lauksaimniecībā kā **herbicīdus**, kas kavē vai novērš platlapu augu augšanu. Sintētiskos auksīnus izmanto ne tikai nezāļu apkarošanā. Sintētiskie auksīni 2,4D un 2,4,5T tika izmantoti Vjetnamas kara laikā kā defolianti, kas veicina lapu nomešanu. Kaut arī 2,4D tika izmantots jau pirms 35 gadiem, joprojām vēl skaidri nav zināms, kā tas funkcionē. Acīmredzot tā uzbūve atšķiras no dabiskā auksīna un augam nav attiecīgā enzīma, kas to varētu šķelt. Palielinoties 2,4D koncentrācijai, tiek pārtraukti vielmaiņas procesi un izjaukta šūnu struktūra. Līdz ar to šūnas iet bojā.

Arī citiem šajā nodaļā aprakstītajiem fitohormoniem ir lauksaimnieciska un komerciāla nozīme. Giberelīnus izmanto sēklu dīgšanas veicināšanai, kā arī dažu labības augu, pupu un augļkoku augšanas veicināšanai. Tie palielina arī dažu pieaugušu augu garumu. Apstrādājot cukurniedres tikai ar 123 cm³ giberelīnu šķīduma uz hektāru, cukurbiešu raža pieauga vairāk nekā par 5 tonnām. Apstrāde ar auksīniem vai



3. attēls A. Giberelīna iedarbības efekts

Attēla kreisajā pusē redzamas Tompsona bezsēklu šķirnes vīnogas (*Vitis vinifera*), kas nav apstrādātas, bet labajā pusē – ar GA₃ ziedēšanas laikā miglotas vīnogas. Mūsdienās gandrīz visas veikalā nopērkamās vīnogas ir apstrādātas ar giberelīnu.

giberelīniem var izraisīt augļu attīstīšanos no sēklotnes un citām atbilstošajām zieda daļām, pat ja apputeksnēšanās un apaugļošanās nav notikusi. Tādā veidā dažkārt ir iespējams iegūt bezsēklu augļus vai arī vienādas formas ķekarus ar lielākiem augļiem (3. att. A).

Tā kā citokīni aizkavē lapu un citu orgānu novecošanos, ar tiem transportēšanas un uzglabāšanas laikā apmiglo augļus un dārzenus.

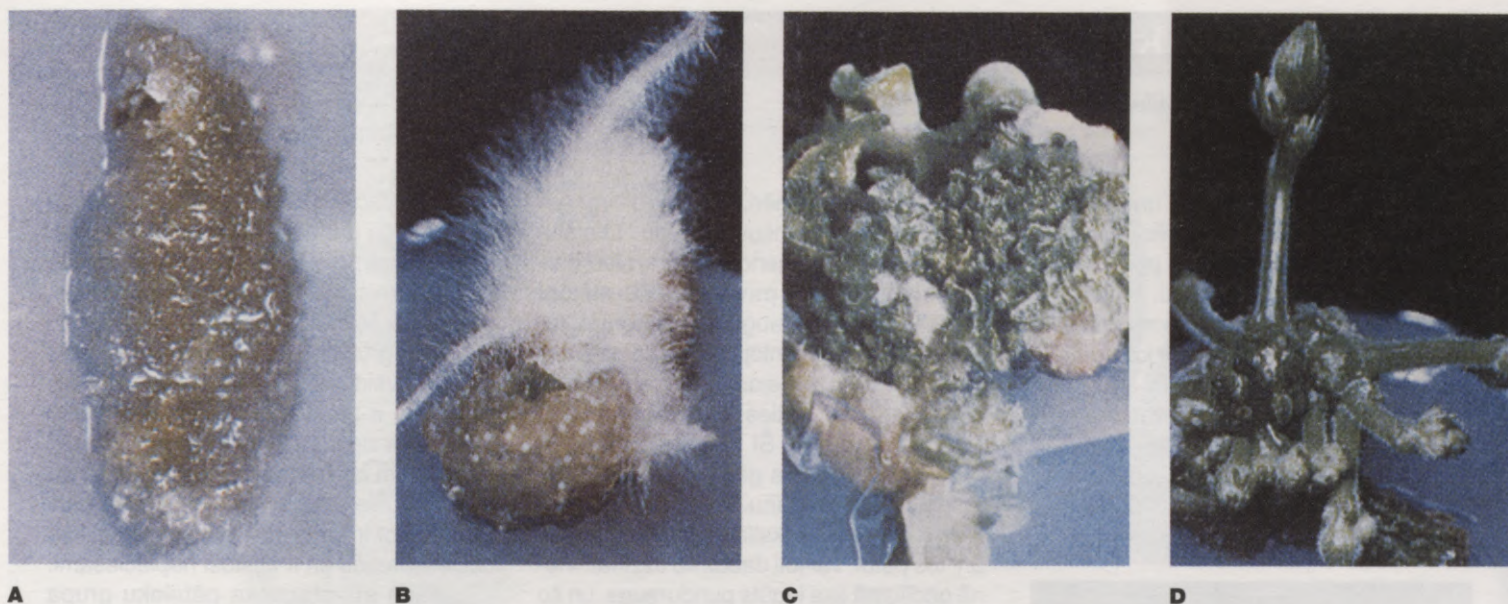
Augu augšanas regulatori plaši tiek izmantoti audu kultūrās, kad jauni augi laboratorijas traukos tiek izaudzēti no nedaudzām šūnām. Ar gēnu inženierijas metodes palīdzību tiek veikti mēģinājumi no atsevišķām šūnām izaudzēt jaunus pārtikas augus ar noteiktām īpašībām, piemēram, izturību pret herbicīdiem vai kukaiņiem. Iespējams, ka kādreiz varēs iegūt augus, kas spēs saistīt atmosfēras slāpekli vai sintezēt vairāk proteīnu.

Lai nomāktu auksīnu, giberelīnu un citokīniņu dabisko darbību augos, bieži

izmanto dažādus sintētiskos inhibitorus. Daži no tiem var izraisīt lapu un augļu nobiršanu augu audzētājam izdevīgā laikā. Ja kokvilnas augi nomet lapas, var iegūt lielāku kokvilnas ražu. Ja jauniem augļkokiem retina augļus, palielinās augļu izmēri, kad augļkoki kļūst vecāki. Inhibitorus izmanto arī, lai novērstu labības augu sakrišanu veldrē. Tiem tiek kavēta stumbru stiepšanās.

Etilēna komerciāla lietošana stipri palielinājās līdz ar etilēna izdalītāju savienojumu iegūšanu. Ievadot etilēnu hermētiskās noliktavās, var panākt banānu, meloņu, tomātu nogatavošanos. Etilēns veicina apelsīnu, citronu un greipfrūtu augļu nokrāsošanos, jo citādi tie lielā hlorofila satura dēļ reizēm saglabā zaļo krāsu. Nomiglojot ar etilēnu noteiktus augļu kokus un riekstkokus, var panākt vieglu augļu atdalīšanos, ražas novākšanas laikā purinot kokus.

Mūsdienās laukus un augļu dārzus ļoti bieži miglo ar sintētiskajiem augšanas regulatoriem.



3.11. attēls. Fitohormonu savstarpējā iedarbība

Augu audu kultūru eksperimenti pierāda, ka auksīna un citokinīna savstarpēja iedarbība nosaka diferenciācijas procesus augu attīstības laikā.

A. Ja audu kultūrās šos divus hormonus izmanto parastos daudzumos, no tabakas auga gabaliņa veidojas kalluss – nediferencēti audi.

B. Noteiktā auksīna un citokinīna attiecībā no kallusa veidojas saknes. **C.** Mainot šīs attiecības, veidojas dzinumi un lapas. **D.** Citas attiecības savukārt veicina ģeneratīvu dzinumu attīstīšanos. Mūsdienās ir skaidrs, ka fitohormoni reti kad darbojas vieni; tikai šo hormonu relatīvās koncentrācijas nodrošina noteiktu efektu. Mūsdienās studējot augu augšanas atbildes reakcijas, tiek ņemta vērā dažādu hormonu mijiedarbība.

Citokinīni un šūnas dalīšanās

Citokinīni (gr. *kytos* – šūna un *kineo* – kustēties) ir fitohormonu grupa, kas veicina šūnu dalīšanos; citokinēze nozīmē šūnu dalīšanos. Šīs vielas ir adenīna, vienas no DNS un RNS purīna bāzēm, atvasinājumi. Dabiskais citokinīns, ko sauc par zeatīnu, ir izdalīts no kukurūzas graudiem. Arī sintētiskais citokinīns kinetīns veicina šūnu dalīšanos.

Citokinīni tika atklāti 20. gs. četrdesmitajos gados, mēģinot audzēt laboratorijas traukos augu audus un orgānus (3.11. att.). Pētnieki atklāja, ka šūnu dalīšanās notiek, ja barotnei pievieno kokosrieksta pienu (šķidro endospermu) un rauga ekstraktu. Kaut arī efektīvo aģentu vai aģentus neizdevās izolēt, tos visus kopā nosauca par citokinīniem. Dabiskais citokinīns zeatīns no kokosrieksta piena tika izolēts tikai 1967. gadā. Tagad citokinīni ir izolēti no daudziem sēkl-augiem, kuros tie veidojas sakņu dalīšanās zonā, kā arī sēklās un augļos, kur notiek aktīva šūnu dalīšanās. Augu audu kultūru metode plaši tiek izmantota praksē, un pētnieki labi zina, ka auksīnu un citokinīnu daudzuma attiecība barotnē, kā arī barotnes pH vērtība nosaka, vai no augu audiem veidosies nediferencētu šūnu masa, ko sauc par kallusu, vai arī veidosies saknes, veģetatīvie dzinumi, lapas vai ģeneratīvie dzinumi (3.11. att.). Pētnieki ir paziņojuši, ka vielas, ko sauc par oligosaharīniem (ķīmiski fragmenti, kas izdalīti no šūnap-

valkiem), arī efektīvi veicina diferenciāciju. Ir izteikta hipotēze, ka auksīni un citokinīni veido daļu no uztveres-pārveidošanas-atbildes reakciju sistēmas (3.10. att.), kura aktivē enzīmus, kas izdala šos fragmentus no šūnapvalkiem. Iespējams, ka visiem fitohormoniem raksturīga līdzīga iedarbība.

Citokinīni ietekmē lapas

Kad auga orgāni, piemēram, lapas, zaudē savu dabisko krāsu, iespējams, ka augs noveco. Novecošanās laikā lapās sašķeļas makromolekulas, un šīs šķelšanas galaprodukti pārvietojas uz citām auga daļām. Novecošana ne vienmēr skar visu augu. Piemēram, dažiem augiem augot garākiem, tie dabiskā ceļā nomet apakšējās lapas. Ir atklāts, ka lapu novecošanu var novērst, tās apstrādājot ar citokinīniem. Tie ne vien novērš lapu bojāeju, bet arī veicina lapu augšanu. Ja ar citokinīniem apstrādā sūnpumpurus, tie sāk augt, neraugoties uz apikālo dominēšanu.

Citokinīni veicina šūnu dalīšanos, kavē novecošanos un veicina augšanu. Hormonu savstarpējo iedarbību uzskatāmi apstiprina fakts, ka auksīnu un citokinīnu daudzuma attiecība barotnē regulē augu audu diferenciāciju.

Uzziniet tuvāk

► Tāla sikplikstiņš (*Arabidopsis thaliana*) – vērtīgā nezāle

Mūsdienās augu augšanas un attīstības pētnieku rokās ir nonācis spēcīgs ierocis. Tāla sikplikstiņš ir nezāle, ko pirms 15 gadiem pazina tikai daži cilvēki. Mūsdienās to pēta simtiem pasaules laboratoriju visā pasaulē, jo zinātniekiem ar to ir ļoti vienkārši veikt gēnu manipulācijas (3.B. att.). Augu kultūrās no dažām šūnām var izaudzēt pieaugušus augus, un pēc īsas augšanas fāzes katrs pieaugušais augs ik pēc četrām līdz sešām nedēļām ražo 10 000 sēklu. Tā

kā tām ir nīcīgi izmēri, vienā podā var audzēt vairākus desmitus šo augu. Tāla sikplikstiņam ir mazs genoms – tikai pieci hromosomu pāri un pavisam 100 miljoni nukleotīdu. Citiem augiem, piemēram, tabakai, ko plaši izmantoja pētījumiem vēl nesnā pagātnē, iespējams, ir tāds pats hromosomu skaits, toties ir 15 reizes lielāks nukleotīdu skaits. Šī nekodējošās DNS pārpilnība apgrūtina gēnu meklējumus un to funkciju noteikšanu.

Ir daudzi sikplikstiņa dabiskie mutanti, un, tos pētot, var ļoti daudz ko uzzināt. Vienā gadījumā tika iegūts punduraugs, un šo pundurainību noteica giberelīnu producējoša enzīma pazemināts daudzums. Novērojot augu, kam nebija redzama stumbra posmu stiepšanās, toties notika normāla lapu un ziedu attīstība, varēja secināt, ka giberelīns ietekmē tikai posmu stiepšanos. Daudzi mutanti var veidoties tāpēc, ka šie augi ir uzņēmīgi pret baktēriju *Agrobacte-*

rium tumefaciens infekciju, kuras plazmīda iekļūst auga genomā. Gadījuma pēc plazmīda var pati novietoties normāla gēna vidū, tādējādi iznīcinot to un apturot tā funkcijas. Pētnieki ar šo metodi ir noteikuši, ka pastāv trīs gēnu grupas, kas nosaka augu ziedu normālu veidošanos. Trīskāršiem mutantiem, kuri ir zaudējuši jebkuru ģenētisko aktivitāti, ir ziedi, kas sastāv tikai no mieturī sakārtotām lapām (salīdziniet 3. att. C. un 3. att. D.). Šie ziedu orgānu identitātes gēni acīmredzot ir transkripcijas regulētāji, kas tiek ekspresēti un ir ilgstoši nepieciešami.

Kāda starptautiska pētnieku grupa pašlaik veido *Arabidopsis* genoma karti un nosaka katra gēna vietu. Tiklīdz būs zināmi *Arabidopsis* gēni un to funkcijas, tos varēs izmantot, lai identificētu tos pašus gēnus lauksaimniecībā izmantojamajos augos. Ir pamats cerēt, ka augu šūnas funkcionē līdzīgi un tāpēc var izziņāt jaunas ražas palielināšanas iespējas, pētot *Arabidopsis*.



3. attēls B. Tāla sikplikstiņš (*Arabidopsis thaliana*).

Daudzi zinātnieki savos eksperimentos izmanto šo nezāli, lai pētītu gēnu darbību, arī tos gēnus, kas kontrolē augu augšanu un attīstību.



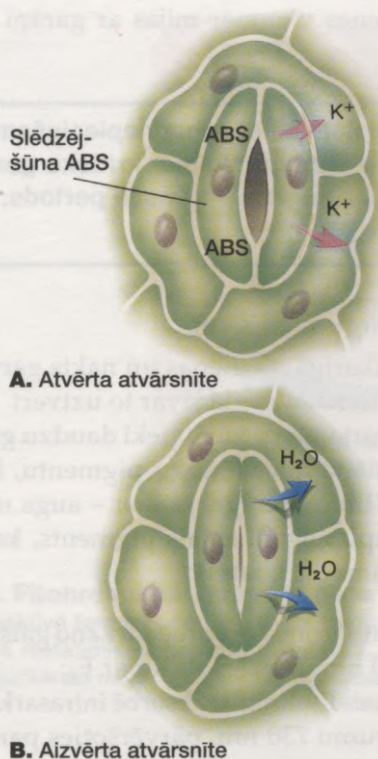
3. attēls C. Tāla sikplikstiņa (*Arabidopsis thaliana*) zieds.

Zieda uzbūvi rada trīs zieda uzbūvi nosakošo gēnu grupas.



3. attēls D. Mutants zieds.

Mutācijas, kas skar visas trīs zieda uzbūvi nosakošo gēnu grupas, ziedos izraisa lapu sakārtojumu mieturī.



3.12. attēls. Atvārsniņu atvēršanās mehānisma kontrole

Tiek uzskatīts, ka fitohormons abscizskābe (ABS) nodrošina atvārsniņu aizvēršanos ūdens stresa apstākļos. Vispirms no slēdzējšūnām izkļūst kālija joni (K^+), bet pēc tam arī ūdens (H_2O).

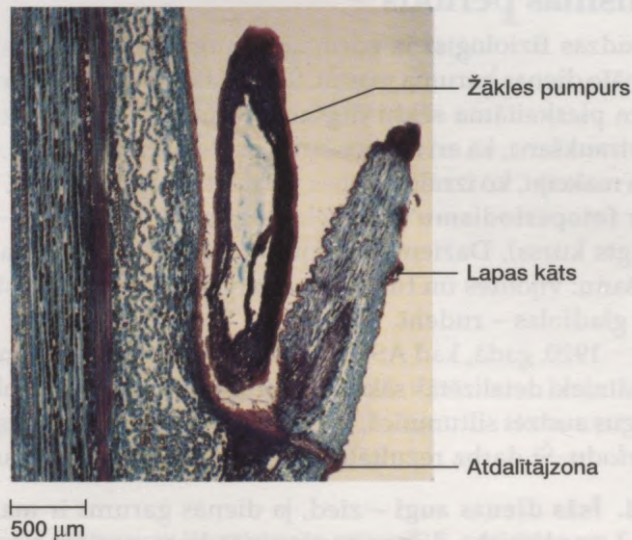
Inhibējošie fitohormoni

Atšķirībā no fitohormoniem, par ko runāts līdz šim, abscizskābe un etilēns inhibē augšanu.

Abscizskābe ir stresa fitohormons

Abscizskābi (ABS) dažkārt sauc arī par stresa fitohormonu, jo tā nodrošina sēklu un pumpuru miera periodu, kā arī izraisa atvārsniņu aizvēršanos. Miera periods iestājas, kad auga orgāns gatavojas nelabvēlīgu augšanas apstākļu pārvarēšanai, bremzējot savu augšanu, pat ja apstākļi šajā laikā vēl ir augšanai piemēroti. Piemēram, uzskata, ka abscizskābe rudenī pārvietojas no lapām uz veģetatīvajiem pumpuriem un pēc tam šie pumpuri kļūst par ziemojošajiem pumpuriem. Ziemojošos pumpurus klāj biezas, cietas zvīņas. Abscizskābes līmeņa samazināšanās un giberelīnu līmeņa palielināšanās pārtrauc sēklu un pumpuru miera periodu. Tam seko sēklu dīgšana un pumpuru plaukšana.

Abscizskābe nodrošina atvārsniņu aizvēršanos ūdens deficīta apstākļos (3.12. att.). Pagaidām nezināmā veidā abscizskābe izraisa kālija jonu izkļūšanu no slēdzējšūnām, kā rezultātā šūnas zaudē ūdeni un atvārsnītes aizveras. Kaut arī apstrāde ar abscizskābi veicina lapkriti, tomēr vairs netiek uzskatīts, ka šis fitohormons lapkriti piedalās dabiskos apstākļos, – jādodomā, ka lapkriti kontrolē fitohormons etilēns (3.13. att.). Abscizskābe sintezējas zaļajās augu daļās, kas satur hloroplastus, viendīgļlapju endospermā un saknēs.



3.13. attēls. Lapkritis

Lapas kāta pamatnē pirms lapkriti veidojas īpašs šūnu slānis, ko sauc par atdalītājzonu. Šajā zonā fitohormons etilēns veicina šūnapvalkus veidojošās celulozes šķelšanu, kā rezultātā lapa nokrīt. Šajā vietā atdalītājzona veido arī lapas rētu, kas augu aizsargā no iespējamās fitopatogēnu mikroorganismu iekļūšanas auga audos.

Etilēns veicina augļu nogatavošanos

Mūsu gadsimta pašā sākumā praksē tika izmantota citrusaugļu nogatavināšana, ievietojot tos telpā, ko apkurina ar petrolejas krāsniem. Vēlāk pētnieki konstatēja, ka augļu nogatavošanos veicina petrolejas nepilnīgas sadegšanas produkts **etilēns**. Tas palielina to enzīmu aktivitāti, kas nogatavina augļus. Piemēram, etilēns stimulē celulāzes sintēzi. Celulāze ir enzīms, kas katalizē šūnapvalkos esošās celulozes šķelšanu. Tā kā etilēns ir gāzveida fitohormons, tas brīvi pārvietojas gaisā. Nogatavojušos ābolu trauks var ierosināt banānu ķekara nogatavošanos pat samērā lielā attālumā. Etilēns izdalās rētas vietā, un šo izdalīšanos izraisa fizisks ievainojums vai infekcija. Ar to izskaidrojams, kāpēc viens sapuvis ābols sabojā visus blakus esošos ābolus. Etilēna klātbūtne gaisā inhibē augu augšanu. Cilvēki, kas savas mājas apkurina ar dabasgāzi, dažkārt stāsta par grūtībām istabas augu audzēšanā. Etilēns izdalās atmosfērā arī kopā ar automašīnu izplūdes gāzēm, un uzskata, ka arī tas inhibē augu augšanu. Etilēna inhibējošā iedarbība uz augu augšanu izpaužas pat tad, ja uz 10 miljoniem gaisa daļu ir tikai viena daļa etilēna.

Etilēns izraisa ne tikai lapu, bet arī augļu un ziedu nobiršanu. Šo nobiršanu, iespējams, izraisa zemāks augsnes un varbūt arī giberelīna saturs šajās augu daļās (salīdzinājumā ar stumbru) (3.13. att.). Tiklīdz lapkritis ir sācies, etilēns stimulē enzīmu, piemēram, celulāzes aktivēšanos, kas izraisa lapu, augļu un ziedu nobiršanu.

3.3. Sezonālās pārmaiņas nosaka gaismas periods

Daudzas fizioloģiskās pārmaiņas augos ir saistītas ar sezonālo dienas garuma maiņu. Šādām fizioloģiskām pārmaiņām pieskaitāma sēklu **digšana**, pumpuru miera perioda pārtraukšana, kā arī novecošanās process. Fizioloģisko atbildes reakciju, ko izraisa dienas vai nakts garuma maiņa, sauc par **fotoperiodismu** (gr. *photos* – gaisma un *periodus* – pabeigts kurss). Dažiem augiem fotoperiodisms nosaka ziedēšanu: vijolītes un tulpes zied pavasarī, savukārt asteres un gladiolas – rudenī.

1920. gadā, kad ASV Lauksaimniecības departamenta zinātnieki detalizētāk sāka pētīt fotoperiodismu, viņi nolēma augus audzēt siltumnīcā, mākslīgi pārmainot tiem gaismas periodu. Šī darba rezultātā viņi augus iedalīja trīs grupās.

1. **Īsās dienas augi** – zied, ja dienas garums ir mazāks par kritisko dienas garumu (šādiem augiem pieskaitāmi smaildadži, puansetiņas un krizantēmas).
2. **Garās dienas augi** – zied, ja dienas garums ir lielāks par kritisko dienas garumu (šādiem augiem pieskaitāmi kvieši, mieži, āboliņš, spināti).
3. **Pret dienas garumu neitrāli augi** – ziedēšana nav atkarīga no dienas garuma (un gurķi).

Gan garās dienas, gan arī īsās dienas augiem var būt raksturīgs viens kritiskais dienas garums (3.14. att.). Spināti ir garās dienas augs, kam kritiskais dienas garums ir 14 stundas; ambrozijas ir īsās dienas augi ar tādu pašu kritisko dienas garumu. Tomēr spināti zied vasarā, kad dienas garums kļūst lielāks par 14 stundām, savukārt ambrozijas – rudenī, kad diena kļūst īsāka par 14 stundām. Tagad ir zināms, ka dažiem augiem, lai tie ziedētu, nepieciešama specifiska dienas garuma sekcība.

1938. gadā K. Hammers un J. Bonners iesāka eksperimentus ar mākslīgiem gaismas un tumsas garumiem, kas neatbilda normālai 24 stundu dienai. Viņi atklāja, ka smaildadži – īsās dienas augs – zied, kamēr ir nepārtraukts tumsas periods 8,5 stundas neatkarīgi no gaismas perioda. Ja šo tumsas periodu pārtrauc ar īslaicīgu baltās gaismas impulsu, smaildadži vairs nezied. (Gaismas perioda pārtraukšana ar tumsu nedod efektu.) Līdzīgs efekts ir ticis konstatēts eksperimentos ar garās dienas augiem. Tiem nepieciešams tumsas periods, kas ir īsāks par kritisko garumu, neatkarīgi no gaismas perioda ilguma. Ja par kritisko garumu nedaudz garāku tumsas periodu pārtrauc ar īslaicīgu gaismas impulsu, garās dienas augi tomēr zied. Tātad ziedēšanu kontrolē tumsas periods, nevis gaismas periods. Dabā,

protams, īsas dienas vienmēr mijas ar garām naktīm un otrādi.

Īsās dienas augiem ziedēšanai nepieciešams tumsas periods, kas garāks par kritisko garumu, bet garās dienas augiem – tumsas periods, kas īsāks par to.

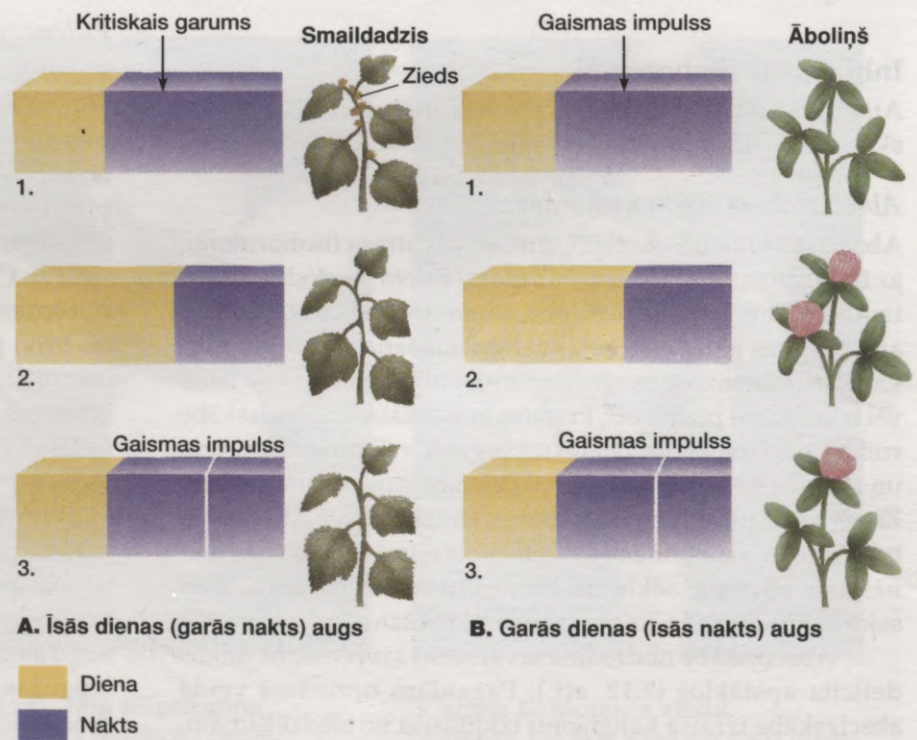
Fitohroms un augu ziedēšana

Ja ziedēšana ir atkarīga no dienas un nakts garuma, acīmredzot augam kaut kādā veidā jāvar to uztvert. ASV Lauksaimniecības departamenta zinātnieki daudzu gadu pētniecības darba rezultātā atklāja augu pigmentu, ko nosauca par fitohromu. **Fitohroms** (gr. *phyton* – augs un *chroma* – krāsa) ir augu lapu zilgani zaļais pigments, kam ir divas formas. Kā redzams 3.15. attēlā:

F_s (sarkanais fitohroms) absorbē sarkano gaismu ar viļņa garumu 660 nm, pārvēršoties par F_{is} ;

F_{is} (infrasarkanais fitohroms) absorbē infrasarkano gaismu ar viļņa garumu 730 nm, pārvēršoties par F_s .

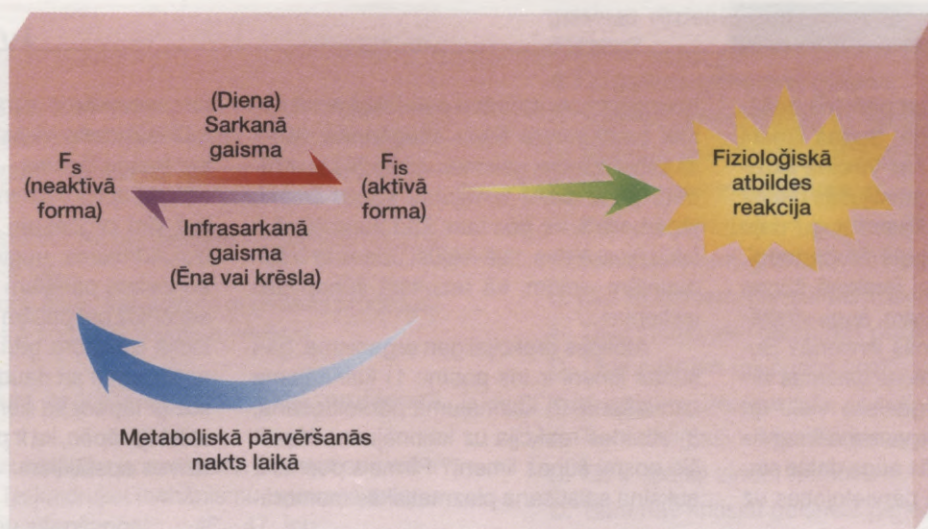
Tieša saules gaisma satur vairāk sarkanās nekā infrasarkanās gaismas, tāpēc F_{is} lapās pastāv dienas laikā. Ap-



3.14. attēls. Fotoperiodisms un ziedēšana

A. Īsās dienas augs. 1. Ja diena ir īsāka par kritisko garumu, šī tipa augi zied. 2. Augs nezied, ja diena ir garāka par kritisko garumu. 3. Tas nezied arī, ja par kritisko garumu garāku nakti pārtrauc ar īslaicīgu gaismas impulsu.

B. Garās dienas augs. 1. Ja diena ir īsāka par kritisko garumu, šī tipa augi nezied. 2. Augs zied, ja diena ir garāka par kritisko garumu. 3. Augs zied arī, ja par kritisko garumu nedaudz garāku nakti pārtrauc ar īslaicīgu gaismas impulsu.



3.15. attēls. Fitohroma pārvēršanās cikls

Fitohroma neaktīvā forma F_s dominē nakts laikā. Saulrieta laikā vai ēnā, kad gaisma satur vairāk infrasarkanās gaismas, F_{is} pārvēršas par F_s . Arī nakts laikā metabolisma procesu rezultātā F_{is} pārvēršas par F_s . Fitohroma aktīvā forma F_{is} dominē dienā, jo šajā diennakts laikā gaisma satur vairāk sarkanās nekā infrasarkanās gaismas.

mākušās dienās, kā arī saulrieta laikā gaismā ir vairāk infrasarkanās nekā sarkanās gaismas, tādēļ, tuvojoties naktij, F_{is} pārvēršas par F_s .

Nakts laikā F_{is} metaboliskā pārvēršanās par F_s notiek lēni.

Iespējams, ka fitohroma pārvēršanās ir pirmais posms uztveres-pārveidošanas-atbildes reakcijas shēmā, kas izraisa ziedēšanu. Vienubrīd pētnieki pat izvirzīja hipotēzi, ka pastāv īpašs ziedēšanas hormons, ko nosauca par florigēnu, tomēr šāds hormons nekad nav ticis atklāts.

Fitohroms pastāv divās formās (F_{is} dienas laikā un F_s nakts laikā), un šī formu pārvēršanās ļauj augam noteikt gaismas perioda pārmaiņas.

Citas fitohroma funkcijas

Ir zināms, ka $F_s \rightarrow F_{is}$ pārvēršanās cikls augā kontrolē arī citas augšanas funkcijas. Tas, piemēram, veicina sēklu dīgšanu un kavē stumbra stiepšanos. F_{is} klātbūtne dažām sēklām signalizē, ka ir gaisma un apstākļi ir dīgšanai labvēlīgi. Dažu augu sēklas, lai tās dīgtu, ir daļēji jāpārklāj ar augsni. Citu augu sēklu dīgšanu gaisma kavē, tādēļ tās pilnībā jāiestrādā augsnē. Pēc sadīgšanas F_s klātbūtne dod signālu, ka stumbram ir jāstiepjas, lai uztvertu saules gaismu. Tumsā auguši sējeņi kļūst etiolēti: to stumbri stiepjas, bet lapas paliek mazas (3.16. att.). Tiklīdz sējeņi tiek novietoti saules gaismā, F_s pārvēršas par F_{is} un sējeņi sāk normāli augt. Lapas kļūst lielākas, un stumbri sāk zaroties. Tas pierāda, ka F_{is} formas fitohroms citosolā aktivē vienu vai vairākus regulatorproteīnus. Šie proteīni pārvietojas uz kodolu, kur tie saistās pie "gaismas stimulētājiem", kas kodē hloroplastos esošos proteīnus.



3.16. attēls. Fitohroms un augšanas kontrole

Ja dominē infrasarkanā gaisma, kā tas ir ēnainās vietās, sējeņu stumbri stiepjas, bet lapas paliek mazas – augs izstīdzē (*pa kreisi*). Savukārt, ja pārsvarā ir sarkanā gaisma, kā tas ir spilgtā saules gaismā, stumbri nestiepjas, bet lapas kļūst lielākas (*pa labi*). Šo efektu izraisa fitohroms.

Pārskats

Augu atbildes reakcijas var pētīt trīs dažādos organizācijas līmeņos. Sugas līmenī augu atbildes reakcijas, kas veicina izdzīvošanu un vairošanos, ir attīstījušās dabiskajā izlasē. Organisma līmenī augu daļu augšanu un attīstību regulē fitohormoni. Šūnas līmenī fitohormoni ietekmē šūnas vielmaiņu. Kāpēc, piemēram, augu virszemes daļas izliecas gaismas virzienā? Sugas līmenī – augi, kas izliecas gaismas virzienā, sintezē vairāk organisko vielu un rada vairāk pēcnācēju. Organisma līmenī – gaismas ietekmē noteiktās auga daļās sintezējas augsns, un, tam pārvietojoties uz

neapgaismoto stumbrā pusi, šajā pusē notiek pastiprināta šūnu stiepšanās, tādēļ stubrs izliecas gaismas virzienā. Lai atbildētu uz to pašu jautājumu šūnas līmenī, jāņem vērā, ka pēc tam, kad auga šūnā ir iekļuvis augsns, tajā iekļūst ūdens ar izšķīdušajām vielām, kā rezultātā šūnapvalki izstiepjas.

Atbildes reakcijai gan organisma, gan šūnas līmenī ir trīs posmi: 1) kairinājuma uztveršana, 2) kairinājuma pārveidošana, 3) atbildes reakcija uz kairinājumu. Kas ir šie posmi šūnas līmenī? Pirmais posms ir augsna saistīšana plazmatiskās membrā-

nas receptoros, otrs posms ir ūdens un tajā izšķīdušo vielu iekļūšana auga šūnā, bet trešais posms – šūnapvalka izstiepšanās. Ja aplūko dzīvniekus, nevis augus, arī tad šim procesam ir līdzīgs bioloģiskais izskaidrojums. Augiem un dzīvniekiem, kā arī visiem pārējiem organismiem ir kopēji senči līdz pat pašām pirmajām šūnām. Evolūcija izskaidro gan dzīvo organismu vienotību, gan arī daudzveidību. Organismi ir līdzīgi tāpēc, ka tiem ir kopēji senči; tie ir atšķirīgi tāpēc, ka ir pielāgojušies dažādiem dzīves apstākļiem.

Kopsavilkums

3.1. Augu atbildes reakcija uz kairinājumu

Līdzīgi dzīvniekiem, arī augi izmanto uztveres-pārveidošanas-atbildes reakciju sistēmu, lai reaģētu uz vides kairinājumu.

Augam atbildot uz vides kairinājumu, notiek tā augšana vai kustība. Tropismi ir auga augšana vienpusēja kairinātāja virzienā vai prom no tā. Stumbru pozitīvais fototropisms novērojams, tiem izliecoties virzienā uz gaismu, bet stumbru negatīvais ģeotropisms novērojams, stumbriem augot pretēji virzienam, kādā darbojas Zemes pievilksanas spēks. Saknēm, kas aug Zemes centra virzienā, raksturīgs pozitīvais ģeotropisms. Tigmotropisms novērojams, ja auga daļas pieskaras kādam objektam, piemēram, kad augu vītnes apvijas mietam.

Augu nastijas izraisa vienmērīgs kairinājums. Turgora pārmaiņu rezultātā daži augi atbild uz pieskārienu, savukārt citiem izpaužas nakts kustības.

Augiem novērojami diennakts jeb cirkādiskie ritmi, ko acīmredzot kontrolē bioloģiskais pulkstenis. Augu nakts kustībām, atvēršanās atvēršanās un aizvēšanās kustībām, kā arī daudzu ziedu diennakts atvēršanās un aizvēšanās kustībām raksturīgs 24 stundu cikls.

3.2. Fitohormoni – augu atbildes reakciju izraisītāji

Noteiktus augu augšanas procesus kontrolē gan stimulējošas, gan arī inhibējošas dabas fitohormoni. Ir fitohormoni, kas stimulē augšanu (auksīni, gibberelīni un citokinīni), un ir fitohormoni, kas to inhibē (abscizskābe un etilēns).

Auksīnu kontrolētā šūnu stiepšanās saistīta ar fototropismu un ģeotropismu. Kad augu apgaismo, augsns laterāli pārvietojas no apgaismotās puses uz ēnas pusi. Neapgaismotajā pusē augsns aktivē protonu (H^+) sūkni, kā rezultātā tiek uzņemtas vielas, palielinās turgors un šūnas šajā pusē izstiepjas.

Giberelīna izpēte parāda, ka pēc tā saistīšanās pie plazmatiskās membrānas receptora sekundārais ķīmiskais mesendžers šūnā izraisa transkripciju un proteīnu sintēzi.

Citokinīni izraisa šūnu dalīšanos, kuras efekts ir acīmredzams augu audu kultūrās.

Abscizskābe (ABS) un etilēns ir divi augu augšanas inhibitori. ABS izraisa atvēršanās atvēršanos un aizvēšanās, savukārt etilēns paātrina augļu nogatavošanos.

3.3. Sezonālās pārmaiņas nosaka gaismas periods

Daudziem augiem raksturīgs fotoperiodisms. Piemēram, īsās dienas augi zied tad, ja dienas ir īsākas par kritisko garumu, bet garās dienas augi zied tikai tad, ja dienas ir garākas par kritisko garumu. Tomēr zinātnieki ir noskaidrojuši, ka kritisks patiesībā ir tieši tumsas garums. Tumsas perioda pārtraukšana ar baltās gaismas impulsu aizkavē īsās dienas augu ziedēšanu un veicina garās dienas augu ziedēšanu.

Fitohroms ir pigments, kas reaģē uz sarkano un infrasarkanā gaismu un ir saistīts ar ziedēšanu. Dienas gaismā fitohroms pastāv F_{18} formā, bet naktī vielmaiņas procesi to pārvērš par F_8 . Fitohroma F_{18} forma aktivē regulatorproteīnus, kas saistās pie gēniem.

F_8 piedalās ne tikai ziedēšanas procesos, bet arī veicina sēklu dīgšanu, lapu augšanu un stumbru zarošanos. Kad dominē F_8 , stubrs stiepjas un aug saules gaismas virzienā.

Pārbaudiet sevi

- Nosauciēt un aprakstīt trīs tropismus un raksturojiet katru fitohormonu, kas iesaistīts šajās atbildes reakcijās! 42.–43. lpp.
- Kas ir nastijas? Kā turgora pārmaiņas izraisa augu kustības? 44. lpp.
- Kas ir bioloģiskais pulkstenis? Kā tas darbojas? Kāda ir tā nozīme augu dzīvē? 44.–45. lpp.
- Nosauciēt trīs fitohormonu tipus, kas veicina augšanas procesus! Nosauciēt vairākas katra tipa specifiskās funkcijas! 46.–47. lpp.
- Kāpēc galotnes pumpura nogriešana izraisa auga zarošanos? 46. lpp.
- Kādu eksperimentu rezultātā tika noskaidrots, ka fototropismā ir iesaistīts fitohormons? Izskaidrojiet mehānismu, saskaņā ar kuru auksīns nodrošina šūnu stiepšanos! 46.–47. lpp.
- Kāds ir hipotētiskais hormonu darbības veids, vadoties pēc giberelīnu izpētes? 48. lpp.
- Miniet eksperimentālus pierādījumus faktam, ka hormonu mijiedarbība nodrošina to darbības rezultātu! 51. lpp.
- Nosauciēt divus fitohormonu tipus, kas inhibē augšanu! Raksturojiet katra fitohormona dažādās funkcijas! 53. lpp.
- Kas ir fotoperiodisms? Kādā veidā fotoperiodisms ir saistīts ar noteiktu augu ziedēšanu? 54. lpp.
- Kāds ir fitohroma pārvēršanās cikls? Kādas ir dažas iespējamās fitohroma funkcijas augos? 54.–55. lpp.

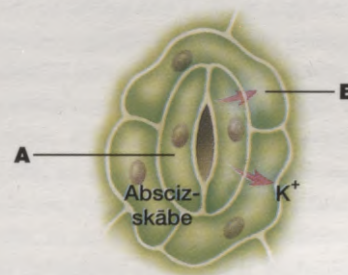
Tests

Izvēlieties vienu pareizāko atbildi uz katru jautājumu! Sameklējiet 1.–5. apgalvojumam atbilstošos fitohormonus no dotajiem! Dotie fitohormoni

- Auksīns
 - Giberelīns
 - Citokinīns
 - Etilēns
 - Abscizskābe
- Viens sapuvis ābols var sabojāt veselu mucu ābolu.
 - Kāposts izstīdzē.
 - Ūdens stresa apstākļos atvārsnītes aizveras.
 - Saulgriezies zieds vienmēr ir vērsts pret sauli.
 - Kokosrieksta piens auga audos izraisa šūnu dalīšanos.
 - Pēc vienpusēja gaismas kairinājuma uztveršanas auksīns pārvietojas uz stumbra neapgaismoto pusi un stumbrs izliecas

gaismas virzienā. Kurš šo secīgo norišu posms attēlo pārveidošanu?

- Receptora jutība pret gaismu
 - Auksīna pārvietošanās uz neapgaismoto pusi
 - Stumbra izliekšanās gaismas virzienā
 - Visi iepriekš minētie procesi
- Kurš no apgalvojumiem ir pareizs?
 - Gan stumbriem, gan saknēm raksturīgs pozitīvais ģeotropisms
 - Gan stumbriem, gan saknēm raksturīgs negatīvais ģeotropisms
 - Tikai stumbriem raksturīgs pozitīvais ģeotropisms
 - Tikai saknēm raksturīgs pozitīvais ģeotropisms
 - Kurš apgalvojums par īsās dienas augiem ir pareizs?
 - Tie ir tādi paši kā garās dienas augi
 - Tie ir spējīgi ziedēt rudenī
 - Tiem nav kritiskā gaismas perioda
 - Visi apgalvojumi ir pareizi
 - Kurš apgalvojums par tāda auga ziedēšanu, kuram nepieciešams vismaz 14 stundu ilgs tumsas periods, ir pareizs?
 - Ziedēs, ja 14 stundu ilgu nakti pārtrauks gaismas impulss
 - Neziedēs, ja 14 stundu ilgu nakti pārtrauks gaismas impulss
 - Neziedēs, ja dienas būs 14 stundas garas
 - Gan B, gan C ir pareizi apgalvojumi
 - Kurš apgalvojums par fitohromu ir pareizs?
 - Auga pigments
 - Dienā pastāv F_{is} formā
 - Aktivē regulētājproteīnus
 - Visi apgalvojumi ir pareizi
 - Kurš apgalvojums par diennakts (cirkādiskajiem) ritmiem ir pareizs?
 - Tie ir saistīti ar bioloģisko pulksteni
 - Augiem tie neeksistē
 - Tie ir iesaistīti tropismu reakcijās
 - Visi apgalvojumi ir pareizi
 - Sameklējiet attēla burtiem atbilstošos nosaukumus! Kas izraisa atvārsnīšu aizvēršanos ūdens stresa apstākļos?



Papildjautājumi

1. *Fizioloģiskie procesi organismos tiek koordinēti.*
Miniet piemēru, kas pierāda, ka fitohormoni ir iesaistīti fizioloģisko procesu koordinēšanā!
2. *Bioloģiskais pulkstenis palīdz organismam pielāgoties videi.*
A. Miniet piemērus, kas pierāda, ka diennakts ritmi palīdz augiem pielāgoties noteiktiem apstākļiem!
B. Kā bioloģiskais pulkstenis var regulēt auga ziedēšanu?
3. *Visos organismos funkcionē uztveres-pārveidošanas-atbildes reakciju sistēma.*
Saistiet šūnu stiepšanos auksīna darbības ietekmē ar šo sistēmu, izmantojot 3.10. attēlu!

Multimediju izmantošana

Tēmu par augu augšanu un attīstību palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šīs nodaļas saturu jums apgūt palīdzēs Maderas mājas lapa.

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



Dabas zinātņu animācijas videofilmas

Video #5: Plant Biology / Evolution / Ecology

How Leaves Change Color and Drop in Fall (#49)

Jēdzienu izpratne

Abscizskābe	53. lpp.	Garās dienas augs	54. lpp.
Apikālā dominēšana	43. lpp.	Gibberelīns	48. lpp.
Auksīns	46. lpp.	Ģeotropisms	43. lpp.
Bioloģiskais pulkstenis	45. lpp.	Herbīcīds	50. lpp.
Citokinīns	51. lpp.	Īsās dienas augs	54. lpp.
Diennakts jeb cirkādiskais ritms	44. lpp.	Koleoptīle	46. lpp.
Dīgšana	54. lpp.	Lapkritis	53. lpp.
Etilēns	53. lpp.	Miera periods	48. lpp.
Fitohroms	54. lpp.	Neitrālās dienas augs	54. lpp.
Fitohormons	46. lpp.	Novecošana	51. lpp.
Fotoperiodisms	54. lpp.	Statolīts	43. lpp.
Fototropisms	43. lpp.	Tigmotropisms	44. lpp.
		Tropisms	42. lpp.
		Vītne	44. lpp.

Sameklējiet definīcijām atbilstošus jēdzienus!

- A. _____ – bioloģiskais ritms ar 24 stundu ciklu.
- B. _____ – gaismas izraisīta augu augšana vienā virzienā.
- C. _____ – Zemes pievilkšanas spēka izraisīta augu augšana vienā virzienā.
- D. _____ – lapu atdalīšanās no auga.
- E. _____ – augu augšana vienpusēja kairinājuma virzienā vai prom no tā.
- F. _____ – fitohormons, kas stimulē stumbru stiepšanos; iesaistīts arī ziedēšanā un sēklu dīgšanā.
- G. _____ – fitohormons, kas regulē augu augšanu, galvenokārt šūnu dalīšanos.
- H. _____ – fitohormons, kas paātrina augļu nogatavošanos, kā arī ir saistīts ar lapkriti.
- I. _____ – fitohormons, kas nodrošina atvārsnišu aizvēršanos un miera perioda iestāšanos un saglabāšanos.
- J. _____ – relatīvs dienas un nakts garums, kas ietekmē organisma fizioloģiju un uzvedību.

Augu vairošanās

4.

NODAĻA

Nodaļas saturs

4.1. Paaudžu maiņa ziedaugiem

- Ziedaugu dzīves ciklam raksturīga paaudžu maiņa. Augs, kas zied, ir sporofīts. 60. lpp.
- Ziedaugiem ir divu veidu gametofīti: mikrogametofīts (vīrišķais gametofīts) un megagametofīts (sievīšķais gametofīts). 60. lpp.
- Augi ir pielāgojušies dzīvei uz sauszemes, veidojot putekšņus (mikrogametofīti), kas nogādā spermijus līdz megagametofītam, kurā attīstās olšūna. 63. lpp.

4.2. Dīgļa attīstības stadijas

- Divdīgļlapju dīgļa attīstība notiek vairākās stadijās. Tiklīdz parādās dīgļlapas, var izšķirt dzinuma galotni un saknes galotni. 67. lpp.

4.3. Sēklas atrodas auglī

- Sēklu veido sēklapvalks, dīgļis un audi, kuros uzkrājas rezerves barības vielas. 68. lpp.
- Ziedaugiem sēklas apņem auglis, kurš attīstās no sēklotnes un zieda palīgorgāniem. 68. lpp.
- Augļi nodrošina sēklu izplatīšanos. 70. lpp.

4.4. Augu bezdzimumvairošanās

- Daudzi ziedaugi spēj vairoties veģetatīvi (piemēram, ar stubbra posmiem vai saknēm). 74. lpp.
- Laboratorijā augus var pavairot ar meristēmu kultūrām un ar protoplastiem (šūnām bez šūnapvalka). Protoplastus izmanto gēnu inženierijā. 74. lpp.



Bite (*Apis*) tuvojas ugunspuķes (*Epilobium*) ziedam.

Daudzi augi var vairoties gan dzimumvairošanās, gan arī bezdzimumvairošanās ceļā. Bezdzimumvairošanās rezultātā rodas mātesaugam līdzīgs augs, un šis vairošanās veids ir izdevīgs nemainīgā vidē. Dzimumvairošanās rezultātā rodas pēcnācēji, kas ir atšķirīgi no vecākaugiem. Daži no tiem var būt labāk pielāgojušies atšķirīgai vai mainīgai videi. Ziedaugi jeb segsēkļi ir visdaudzveidīgākie un izplatītākie augi. Iespējams, ka to var izskaidrot ar šiem augiem raksturīgiem dzimumvairošanās orgāniem, kas ir labi pielāgoti dzīvei uz sauszemes. Putekšņi līdz apaugļošanās laikam aizsargā spermijus, bet sēklas aizsargā dīgļi līdz augļu vai sēklu izplatīšanās laikam. Zieda uzbūve ļauj segsēkļiem veidot augļos sēklas. Nav šaubu, ka zieda evolūcija ļāvusi segsēkļiem tik plaši izplatīties. Zieda un putekšņu uzbūve ļauj ziedputekšņiem izplatīties ar vēja, kā arī ar dzīvnieku palīdzību. Ziedaugu un to apputeksnētāju dzīvnieku attiecības ir mutuālisma piemērs. Ziedi nodrošina apputeksnētājus, piemēram, bites, mušas, vaboles, putnus un pat sikspārņus, ar barības vielām, savukārt dzīvnieki putekšņus pārvieto no viena zieda uz citu, tādējādi veicinot apputeksnēšanu.

4.1. Paaudžu maiņa ziedaugiem

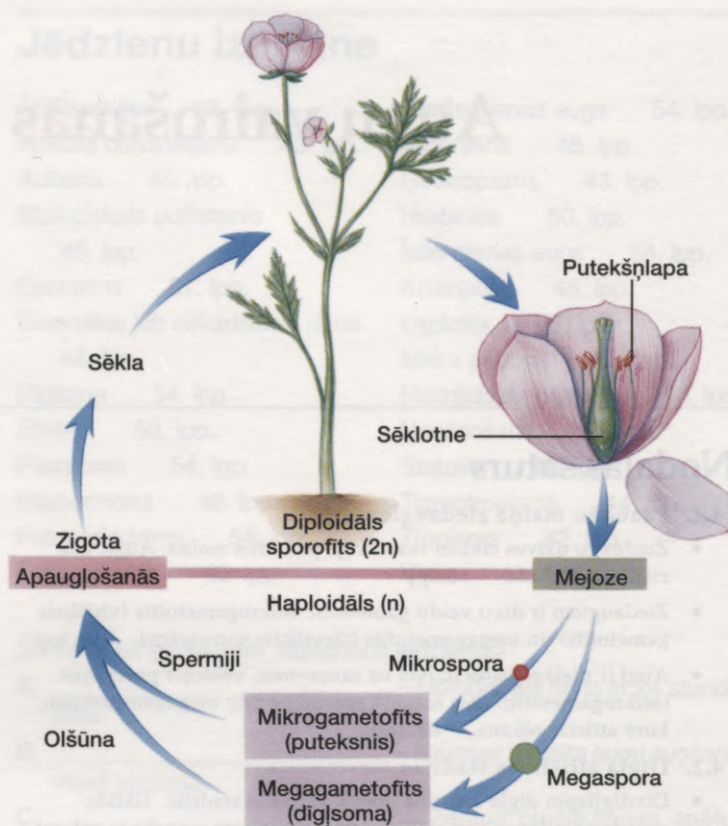
Dzīves cikls ir norišu secība, kas notiek no apaugļošanās un zigotas veidošanās brīža līdz jaunu gametu veidošanās procesam. Atšķirībā no dzīvniekiem, kam dzīves ciklā ir tikai viena pieaugušo īpatņu paaudze, augiem ir divas paaudzes – diploidālā paaudze un haploidālā paaudze, kas nomaina viena otru. Diploidālajā paaudzē veidojas sporas, tāpēc to sauc par **sporofītu**. Sporas ir haploidālas, un tās dalās, veidojoties haploidālajai paaudzei, ko sauc par **gametofītu** tāpēc, ka tai veidojas gametas. Ziedaugu dzīves ciklā dominē diploidālais sporofīts. Tas ir lielāks par gametofītu un ilgāk pastāv. Sporofīts ir paaudze, kas zied un ko mēs uztveram kā augu (4.1. att.).

Ziedam veidojas divu veidu sporas – mikrosporas un megasporas. **Mikrospora** (gr. *mikros* – mazs, neliels) attīstās mikrogametofītā, bet **megaspora** attīstās megagametofītā. Mikrogametofīts ir puteksnis, kurš līdz megagametofītam parasti nokļūst ar vēja vai dzīvnieku palīdzību. Nobriedis puteksnis satur divas spermiju šūnas, kas pa putekšņa dīgļstobru nonāk līdz megagametofītam, kuru sauc par dīgļsomu. Tiklīdz spermiji apaugļo olšūnu, kas atrodas dīgļsomā, dzīves cikls sākas no jauna.

Sporofīts ir ziedaugu dominējošā paaudze. Tā ir paaudze, kurai raksturīgi vadaudi un citi pielāgojumi dzīvei uz sauszemes. Arī dzīves cikls ir izveidojies, ziedaugiem pielāgojoties dzīvei uz sauszemes. Gametofīti, kam attīstās gametas, ir mikroskopiski un atkarīgi no sporofīta. Tā kā mikrogametofīts (puteksnis) līdz megagametofītam nokļūst ar vēja vai dzīvnieku palīdzību, ūdens šim nolūkam vairs nav nepieciešams. Spermiji līdz olšūnai nokļūst pa dīgļstobru, un ūdens vide šeit atkal nav nepieciešama. (Šo procesu var salīdzināt ar apaugļošanu, kāda notiek cilvēkam. Dzimumātiecību laikā no vīrieša dzimumlocekļa, kas ievadīts sievietes makstī, izdalās sperma.) Pēc apaugļošanās no diploidālās zigotas sēklā, ko apņem auglis, attīstās dīgļis.

Atšķirībā no ziedaugiem dažiem augiem veidojas tikai viens sporu veids, no kā attīstās atsevišķs, bet no ūdens vides atkarīgs gametofīts. Divu atsevišķu un savstarpēji atkarīgu gametofītu evolūcija ziedaugiem izraisīja putekšņu un īpašu pielāgojumu veidošanos, kas nodrošina apputeksnēšanos un apaugļošanu neatkarīgi no ūdens vides.

Ziedaugiem raksturīga paaudžu maiņa, kuras laikā spermijiem nav nepieciešama ūdens vide, lai sasniegtu olšūnu.



4.1. attēls. Paaudžu maiņas shēma

Ziedaugiem no diploidālās zigotas sēklā attīstās dīgļis. Dīgļis kļūst par sporofītu, kurš zied. Ziedā mejozes rezultātā veidojas mikrosporas un megasporas. Megaspore kļūst par megagametofītu, kurā veidojas olšūna, bet mikrospore kļūst par mikrogametofītu (puteksni), kam attīstās spermiji. Spermijam saplūstot ar olšūnu, veidojas zigota.

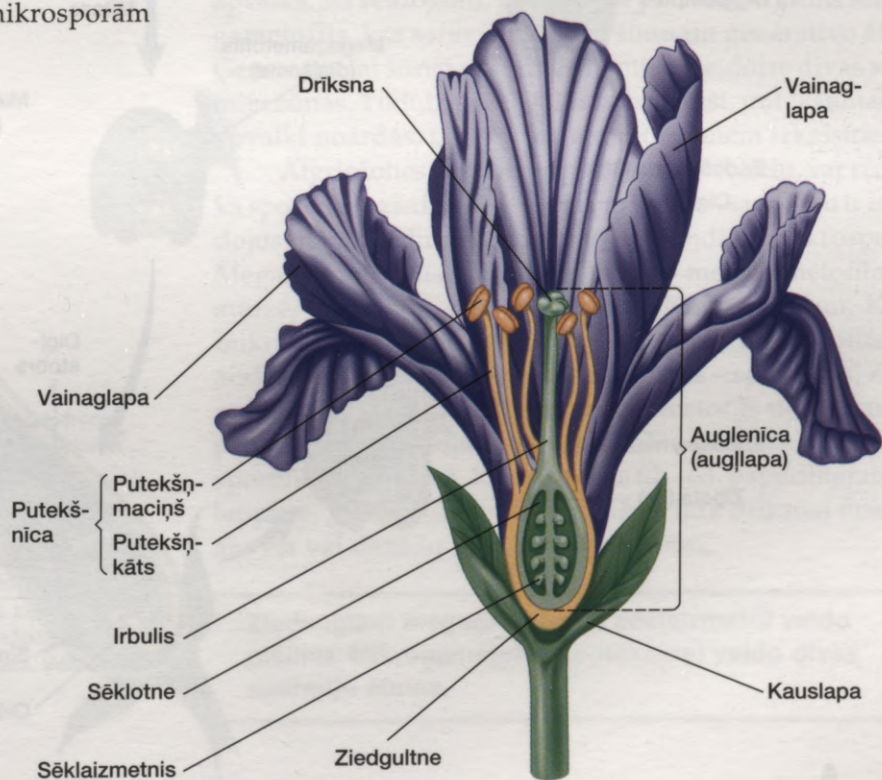
Zieds ir sporofīta sastāvdaļa

Zieds ir segsēkļu dzimumorgāns, kas attīstās ziedpumpurā. Daudziem augiem no tās pašas galotnes meristēmas, no kā iepriekš attīstījās lapas, pēkšņi sāk attīstīties ziedi. Citiem augiem no žākļu pumpuriem uzreiz attīstās ziedi. Zieda daļas morfoloģiski ir lapu pārveidnes, kuras piestiprinājušās īsai dzimuma galotnei, ko sauc par ziedgultni (4.2. att.). Viendīgļlapjiem zieda daļu skaits ir trīs vai četri, kas dalās ar trīs, savukārt divdīgļlapjiem – četri vai pieci, vai arī skaits, kas dalās ar četri vai pieci. **Kauslapas**, kas no visām zieda daļām parasti visvairāk līdzinās lapām, parasti ir zaļas, un tās aizsargā pumpuru, kurā attīstās zieds. Kad zieds izplaukst, var pamanīt, ka to veido ārējais kauslapu gredzens un iekšējais gredzens, ko veido **vainaglapas**. Tās parasti ir spilgtā krāsā. Ziedu lielums, forma un spilgtā krāsa parasti pievilina apputeksnētājus. Vēja apputes augiem bieži vien vispār nav vainaglapu.

Pašā zieda centrā atrodas **auglenīca** (lat. *pistillum* – piesta), kas pēc formas bieži vien ir vāzveida. Auglenīca var būt vienkārša vai salikta. Vienkāršu auglenīcu veido viena reprodaktīvā vienība, ko sauc par **augļlapu** (gr. *karpos* – auglis). Augļlapa parasti sastāv no trim daļām: **driksnas** – lipīgas, parasti paplašinātas augšdaļas, **irbuļa** – slaidas vidējās daļas un **sēklotnes** – palielinātas pamatnes. Saliktu auglenīcu veido daudzas augļlapas, kas bieži vien ir saaugušas.



Auglenīcas sēklotnē attīstās sēklaizmetņi (lat. *ovulum* – ola), kam ir nozīmīga loma megasporu un pēc tam megagametofītu veidošanā. Auglenīcai apkārt izvietojušās **putekšņlapas**, kas sastāv no divām daļām – **putekšnīcas** un **putekšņkāta** (lat. *filum* – diegs). Putekšnīcās no mikrosporām attīstās putekšņi.



Ne visiem ziediem ir kauslapas, vainaglapas, putekšņlapas un auglenīca. Ziedus, kam ir gan putekšņlapas, gan auglenīca, sauc par divdzimumu ziediem. Viendzimuma ziediem ir tikai putekšņlapas vai arī tikai auglenīca – atkarībā no tā izšķir attiecīgi vīrišķos ziedus un sievišķos ziedus.

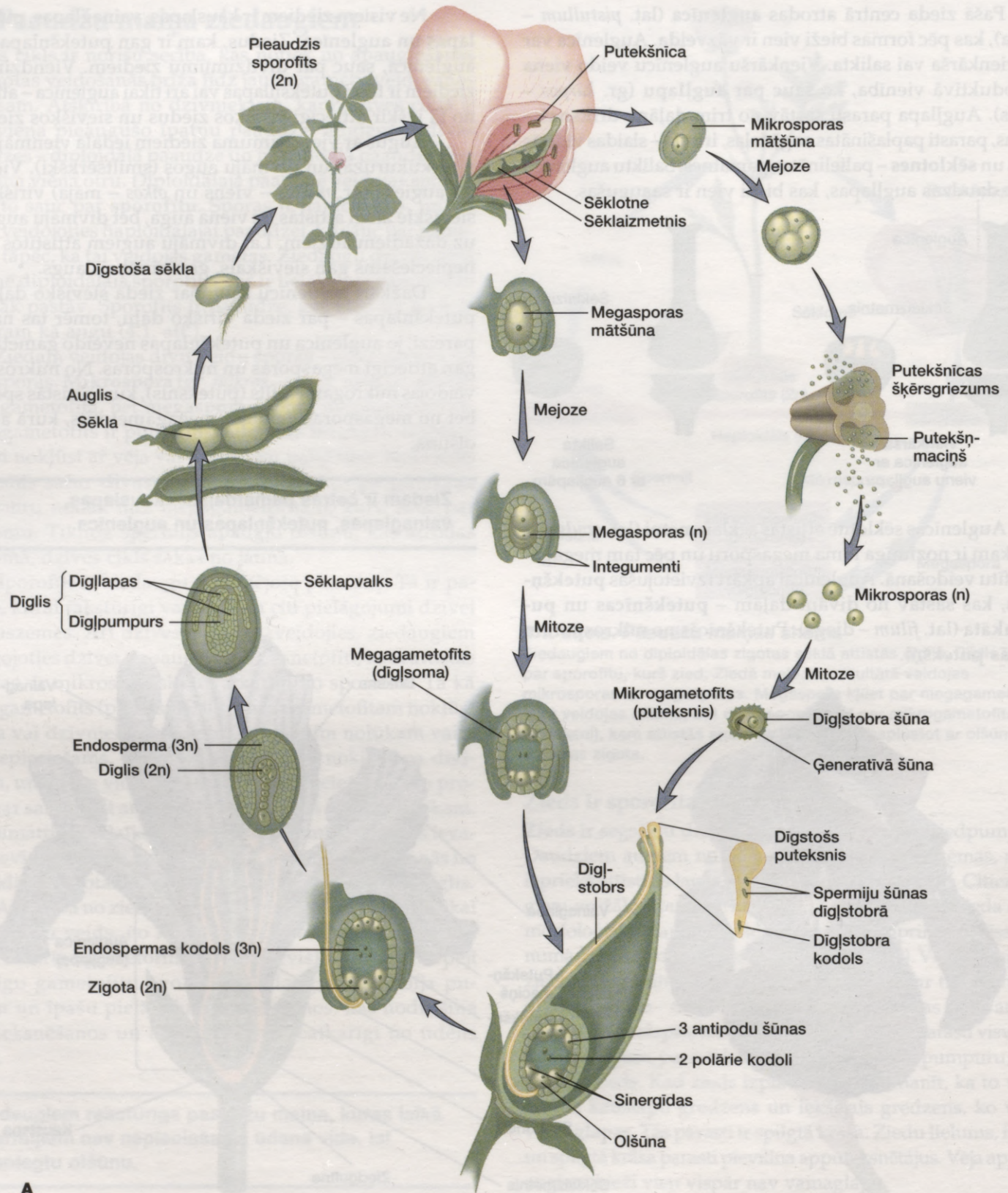
Augus ar viendzimuma ziediem iedala vienmājas augos (kukurūza) un divmāju augos (smiltsērķšķi). Vienmājas augiem (gr. *monos* – viens un *oikos* – māja) vīrišķie un sievišķie ziedi attīstās uz viena augs, bet divmāju augiem – uz dažādiem augiem. Lai divmāju augiem attīstītos augļi, nepieciešams gan sievišķais, gan vīrišķais augs.

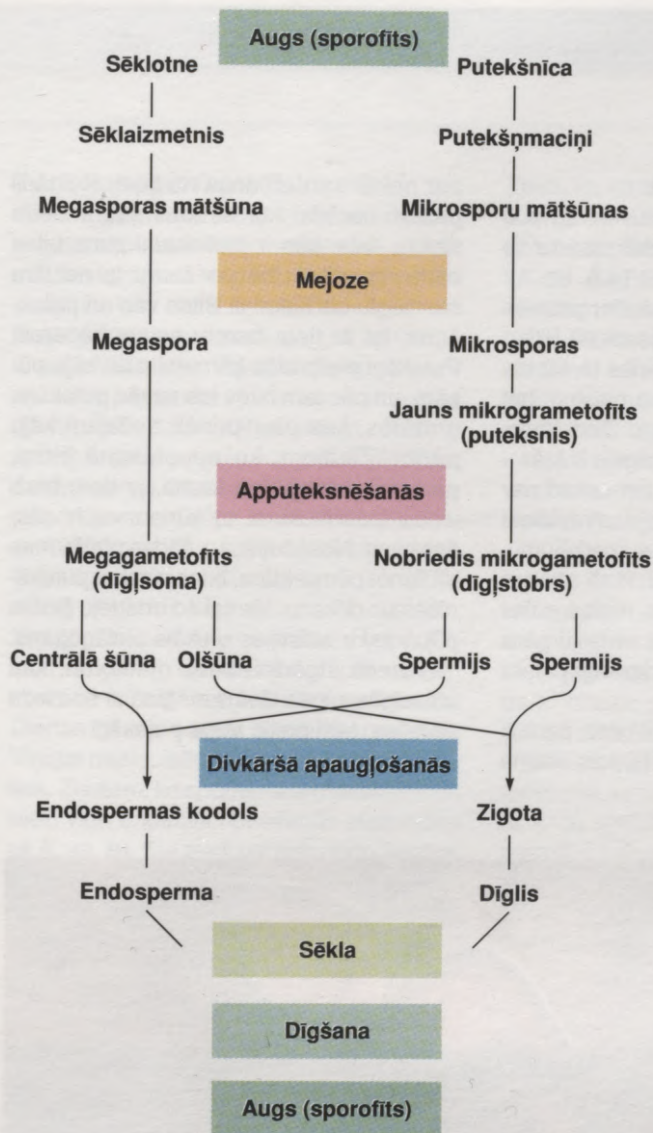
Dažkārt auglenīcu sauc par zieda sievišķo daļu, bet putekšņlapas – par zieda vīrišķo daļu, tomēr tas nav īsti pareizi, jo auglenīca un putekšņlapas neveido gametas, bet gan attiecīgi megasporas un mikrosporās. No mikrosporās veidojas mikrogametofīts (putekšnis), kurā attīstās spermiji, bet no megasporās veidojas megagametofīts, kurā attīstās olšūna.

Ziedam ir četras pamatdaļas – kauslapas, vainaglapas, putekšņlapas un auglenīca.

4.2. attēls. Īrisa zieds

Segsēkļu sporofītam attīstās ziedi. Sēklaizmetņi attīstās megagametofīts, un putekšnīcā attīstās mikrogametofīti (putekšņi).





B

4.3. attēls. Ziedauga dzīves cikls

A. Augļlapas sēklotnē attīstās sēklaizmetnis, kurā no megasporas mātšūnas mejozes rezultātā veidojas megaspora. No megasporas attīstās dīgļsoma, kurā ir septiņas šūnas, to skaitā olšūna. Putekšņicas putekšņmaciņos attīstās mikrosporu mātšūnas, no kurām mejozes rezultātā veidojas mikrosporas. No mikrosporas attīstās putekšnis, kuram dīgstot veidojas spermiju šūnas. Spermiju šūnas pārvietojas pa dīgļstobru lejup. Viens spermijijs apaugļo olšūnu, un veidojas diploidāla zigota, bet otrs spermijijs saplūst ar centrālās šūnas polāro kodolu, izveidojot triploidālu endospermas kodolu. Sēkla sastāv no dīgļa un rezerves barības vielām. Sēklai dīgstot un augot, attīstās jaunais augs (sporofīts).

B. Norišu secība

Gametofīti ir nošķirti

Augļlapas sēklotnē attīstās viens vai vairāki sēklaizmetņi (4.3. att. A vidū). Sēklaizmetņu pamatmasu veido parenhīmas šūnas, ko viscaur, izņemot vienā vietā – mikropilē, apņem integumenti. Vienai parenhīmas šūnai augot, veidojas **megasporas mātšūna**, no kuras mejozes rezultātā veidojas četras haploidālas megasporas. Trīs no tām deģenerējas, bet viena kļūst par funkcionālo megasporu, kuras kodols dalās mitotiski, līdz izveidojas dīgļsoma jeb **megagametofīts** (gr. *me-gas* – liels) ar astoņiem kodoliem. Vēlāk, veidojoties šūnapvalkiem, rodas septiņas šūnas, no kurām viena satur divus kodolus. Megagametofītu, ko sauc par **dīgļsomu**, veido septiņas šādas šūnas:

- ◆ viena olšūna,
- ◆ divas sinergīdas,
- ◆ viena centrālā šūna ar diviem polāriem kodoliem,
- ◆ trīs antipodi.

Mikrogametofīti veidojas putekšņlapās (4.3. att. A, pa labi). Putekšņlapai ir divi putekšņmaciņi, un katru putekšņmaciņu veido divas putekšņu ligzdas, kuras satur daudz **mikrosporu mātšūnu**. No katras mikrosporas mātšūnas mejozes rezultātā veidojas četras haploidālas mikrosporas. Tām mitotiski daloties, veidojas divas šūnas, ko apņem īpašs apvalks. Šis veidojums, ko sauc par puteksni, ir jauns **mikrogametofīts**, kas satur dīgļstobra šūnu un ģeneratīvo šūnu. Ģeneratīvajai šūnai mitotiski daloties, veidojas divas spermiju šūnas. Tiklīdz putekšņi ir nobrieduši, putekšņmaciņu apvalki noārdās, tādējādi ļaujot putekšņiem izkaisīties.

Atgriežoties atpakaļ un aplūkojot 4.1. attēlu, var redzēt, ka sporofīts – ziedošā diploidālā paaudze – tagad jau ir izveidojusi haploidālu megasporu un haploidālas mikrosporas. Megaspora ir attīstījusies dīgļsomā – megagametofīta paaudzē, kas veido sievišķo dzimumšūnu – olšūnu. Katra mikrospora ir attīstījusies puteksnī – mikrogametofīta paaudzē, kas veido vīrišķās dzimumšūnas – spermijus. Ziedaugu haploidālā paaudze ir megagametofīts un mikroskopisks mikrogametofīts. Megagametofīts attīstības gaitā paliek sporofīta organismā. Kā aprakstīts 62.–63. papildliteratūras lappusē, mikrogametofīti (putekšņi) līdz driksnai nokļūst ar vēja vai dažādu dzīvnieku palīdzību.

Ziedaugiem megagametofīts sēklaizmetnī veido olšūnu. Mikrogametofīts (putekšnis) veido divas spermiju šūnas.

Uzziniet tuvāk

► Augi un to apputeksnētāji

Augi un to apputeksnētāji ir pielāgojušies cits citam, tādējādi izveidojoties savstarpēji izdevīgām mutuālistiskām attiecībām. Augs savu apputeksnētāju izmanto, lai nodrošinātu svešapputi, bet apputeksnētājs augu izmanto, lai iegūtu barību. Šādas mutuālistiskas attiecības izveidojušās **koevolūcijas** rezultātā; auga un tā apputeksnētāja savstarpēja atkarība izveidojusies piemērotu uzbūves un funkciju pārmaiņu rezultātā. Koevolūcijas esamība ir acīmredzama. Piemēram, ziedu krāsa un smarža ir piemērota attiecīgo apputeksnētāju maņu orgānu uztverei, bet apputeksnētāja mutes daļu uzbūve ir piemērota zieda uzbūvei. Barības vielas, ko satur augi, ir piemērotas apputeksnētāja barošanās vajadzībām, un apputeksnētājs barojas tieši tajā diennakts laikā, kad zieds ir atvēries. Tālāk doti koevolūcijas piemēri.

Ziedi, ko apputeksnē bites

Bites apputeksnē ziedus aptuveni 20 000 dažādām augu sugām. Visplašāk pazīstamie apputeksnētāji ir medus bites (4.A. att. A). Bišu acis ir piemērotas, lai saskatītu gaismas spektru, ko cilvēka acs nespēj saskatīt. Bitēm redzamā spektra daļa ir nobidīta tā, ka tās neredz sarkanā viļņa garuma gaismu, bet spēj saskatīt ultravioleto gaismu. Ziedi, kurus apputeksnē bites, parasti ir spilgtās krāsās – galvenokārt dzeltenī vai zilī, bet nekad nav sarkani. Tiem dažkārt var būt ultravioleta nokrāsa, ko sauc par medus marķējumu, tādējādi izceļot to zieda daļu, kurā atrodas vairošanās struktūras. Bites mutes daļas veido garu caurulīti ar mēli. Šis mutes orgāns ir piemērots nektāra sūkšanai, ko augi parasti izdala zieda pamatnē.

Ziediem, ko apputeksnē bites, parasti ir saldens, patīkams aromāts, kas liecina

par nektāra izdalīšanos no tiem. Nektāriji parasti norāda, kur atrodas šaura zieda stobra daļa, kas ir pietiekami plata bites mutes aparātam, bet par šauru, lai nektāru sasniegtu citi kukaiņi. Bites vāc arī putekšņus, lai ar tiem barotu savus kāpurus. Putekšņi pielip bišu ķermenim un kāju pūkām, un pēc tam bites tos savāc putekšņu groziņos, kas piestiprināti trešajam kāju pārim. Ziediem, ko apputeksnē bites, parasti ir neregulāra forma, jo tiem bieži vien ir īpaši laukumi, uz kuriem var nosēties bites. Nosēžoties uz šādas platformas un lienot pēc nektāra, bites aizskar putekšņnīcas un drīksnu. Vienai no orhideju ģintīm (*Ophrys*) ir attīstījies unikāls pielāgojums. Tās zieds atgādina bites mātīti, un, kad attiecīgās sugas tēviņš mēģina ar šo ziedu pāroties, tam pielip auga putekšņi.



A



B

4.A. attēls. Apputeksnētāji

A. Bišu apputeksnējamo augu ziedi nekad nav sarkanā krāsā (bites nespēj uztvert šīs krāsas gaismu), un tiem ir īpaši nosēšanās laukumi, uz kuriem nosēžoties un lienot pēc nektāra bitēm pielip putekšņi. **B.** Augiem, ko apputeksnē tauriņi, bieži vien ir salikti ziedi, kas sastāv no daudziem vienkāršiem ziediem. Ziedu platā forma ļauj uz tiem ērti nosēties tauriņam un pēc tam ar savu snuķi pieskarties visiem ziediem pēc kārtas. **C.** Augiem, ko apputeksnē kolibri, ziedu daļas ir atliektas atpakaļ, lai putnam ļautu ar knābi sasniegt bagātīgi izdalījušos nektāru. Tā laikā putna pieres un citas ķermeņa daļas pieskaras zieda vairošanās struktūrām. **D.** Ziedi, ko apputeksnē sikspārņi, ir lieli un spēcīgi, tādējādi ļaujot noturēt lielu svaru. Attēlā redzamā sikspārņa galva ir novietota tā, lai sarainā mēle varētu laizīt nektāru.

Ziedi, ko apputeksnē tauriņi

Ziedi, ko apputeksnē tauriņi, ir pielāgojušies saviem apputeksnētājiem. Gan dienas, gan nakts tauriņiem ir garš, tievs un dobs snukītis, bet citas to īpašības atšķiras. Nakstauriņi parasti barojas naktī, un viņiem ir labi attīstīta oža. Ziedi, ko tie apmeklē, ir naktī labi pamanāmi, jo tie ir gaišās krāsās (baltā, bāli dzeltenā vai rozā). Tiem ir spēcīga, salda smarža, kas palīdz pievilināt nakstauriņus. Nakstauriņi barojas lidinoties. Viņu apmeklētie ziedi ir cauruļveida, ar atvērtām malām, kas ļauj nakstauriņiem sasniegt nektāru. Dienas tauriņi ir aktīvi dienā. Viņiem ir laba redze, bet vāja oža. Viņi apputeksnē spilgtas krāsas ziedus. Tie ir arī sarkani, jo dienas tauriņi spēj saskatīt sarkano krāsu, bet šie ziedi nesmaržo. Dienas tauriņi nespēj lidināties uz vietas. Viņiem nepieciešams laukums, kur nosēsties. Ziediem, ko apputeksnē dienas tauriņi, bieži vien ir īpašas nosēšanās platformas (4.A. att. B). Šie ziedi parasti veido ziedkopas – kurvīšus. Katram ziedam ir garš, slaidis stobriņš, kurā tauriņš var ievadīt savu tievo, garo snukīti.

Ziedi, ko apputeksnē putni un sikspārņi

Viens no pasaulē plašāk izplatītajiem putniem – ziedu apputeksnētājiem – ir kolibri. Šiem nelielajiem putniem ir labi attīstīta redze, bet vāja oža. Līdzīgi nakstauriņiem, kolibri lidinās pie zieda. Tipiskiem ziediem, ko apputeksnē kolibri, ir slaidis stobriņš ar atliektām zieda daļām. Kaut arī ziedos bagātīgi izdalās nektārs, to smarža ir vāja. Sniedzoties pēc nektāra, putna piere un citas ķermeņa daļas pieskaras putekšņlapām un auglīcai (4.A. att. C).

Sikspārņi ir pielāgojušies barības ieguvei dažādos veidos, arī ziedputekšņu un nektāra ieguvei. Sikspārņi ir naktdzīvnieki, un tiem ir ļoti asa oža. Sikspārņiem apputeksnētājiem ir arī laba redze un gara, lokana, saraina mēle. Ziedi, ko apputeksnē sikspārņi, atveras tikai naktī, un tie ir gaišā krāsā vai balti. Ziediem ir spēcīga pelējuma smarža, kas līdzīga aromātam, ar kādu sikspārņi pievilina cits citu. Ziedi parasti ir lieli un spēcīgi un spēj noturēties, kad sikspārnis tajos daļēji ievada savu galvu, lai iegūtu nektāru. Iegūstot nektāru, sikspārņa galvai pielīp putekšņi.

Koevolūcija

Minētie piemēri liecina par koevolūciju. Kā koevolūcija ir notikusi? Aptuveni pirms 200 miljoniem gadu, kad sēklaugi tikai sāka attīstīties un kukaiņi nebija tik daudzveidīgi kā mūsdienās, apputi nodrošināja galvenokārt vējš. Apputeksnēšanās ar vēja palīdzību tomēr ir pakļauta nejaušībai. Iespējams, ka vaboles, kas pārtika no augu lapām, bija pirmie kukaiņi, kas izslēdza nejaušības faktoru, pārvietojot putekšņus no viena auga uz citu. Šī dzīvnieku pārvietošanās izmantošana svešapputes veikšanai, bez šaubām, izraisīja ziedu evolūciju. Tā radās, piemēram, nektāra izdalīšanās, kas pievilināja apputeksnētājus. Attīstoties vaboļu ieradumam baroties uz ziediem, iespējams, ir notikusi arī cita veida pielāgošanās, piemēram, radušies sēklotnēs pasargāti sēklaizmetņi.

Turpinoties svešapputei, attīstījās arī vien vairāk un vairāk ziedu veidu un apputeksnētāji arvien vairāk pielāgojās specifiskām segsēkļu sugām. Mūsdienās pastāv aptuveni 235 tūkstoši ziedaugu un vairāk nekā 700 tūkstoši kukaiņu sugu. Šī milzīgā daudzveidība pierāda, ka segsēkļu attīstība ir veicinājusi kukaiņu attīstību, un otrādi.



C



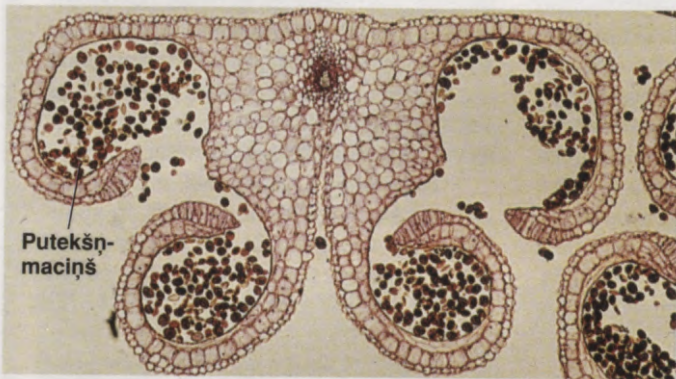
D

Apputeksnēšanās pirms apaugļošanās

Apputeksnēšanās un apaugļošanās ir divi dažādi procesi. **Apputeksnēšanās** ir putekšņu (4.4. att.) nokļūšana no putekšņicas uz auglēnīcas drīksnu. **Apaugļošanās** (lat. *fertilis* – auglīgs) ir spermija kodola un olšūnas kodola saplūšana.

Apputeksnēšanās gaitā putekšņi pārvietojas

Kā jau minēts, apputeksnēšanās var notikt ar vēja vai kāda cita apputeksnētāja palīdzību. Pašappute notiek, ja putekšnis nokļūst no putekšņicas uz tā paša zieda drīksnas, bet svešappute –, ja putekšnis nokļūst uz cita auga zieda drīksnas. Augiem izdevīgāka ir svešappute, jo tā veicina gēnu rekombināciju, kā rezultātā veidojas jauni, atšķirīgi augi.



100 μm



100 μm

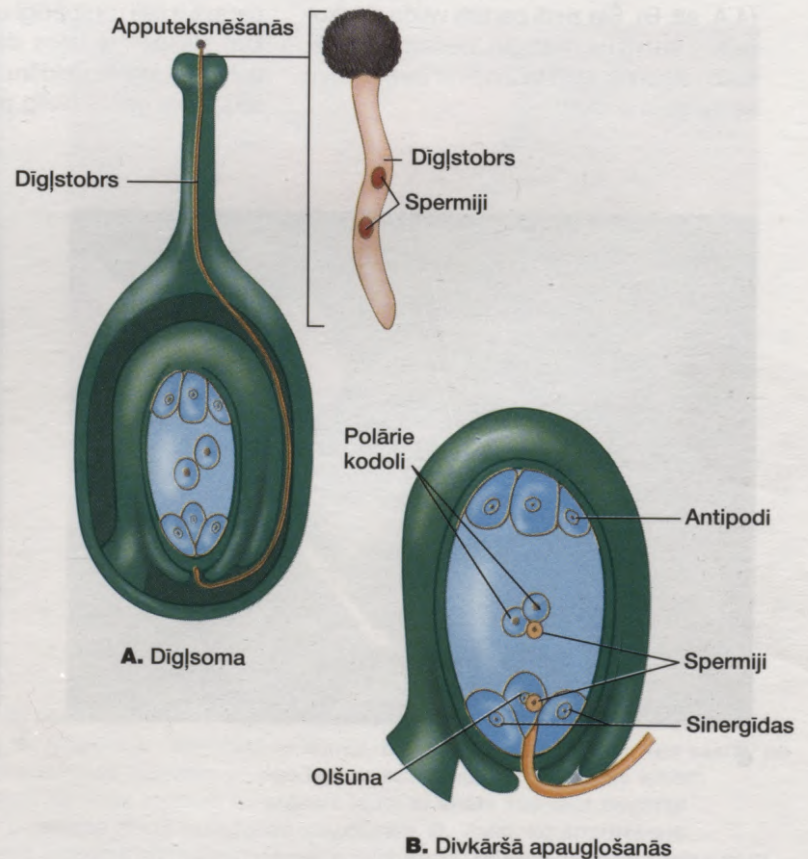
4.4. attēls. Putekšņu attīstība

A. Redzams, ka nobriedušā putekšņīcā atveras apvalki starp putekšņmaciņiem un putekšņi izkļūst no putekšņicas.
B. Mākslīgi krāsotā skanējošā elektronmikrografijā dzeltenā krāsā redzami dīgstoši madaras (*Galium aparine*) putekšņi.

Divkārsā apaugļošanās

Kad putekšnis nokļūst uz tās pašas sugas auga drīksnas, tas dīgst, izveidojot dīgļstobru (4.5. att.). Dīgstošs putekšnis, kas satur dīgļstobra šūnu un divus spermijus, ir nobriedis mikrogametofīts. Tam augot, dīgļstobrs virzās cauri drīksnas un pēc tam cauri irbuļa audu šūnām, līdz sasniedz sēklaizmetņa mikropili. Tad notiek **divkārsā apaugļošanās**. Viena spermija kodols saplūst ar olšūnas kodolu, izveidojoties diploidālai zigotai (2n), bet otra spermija kodols saplūst ar centrālās šūnas polāro kodolu, izveidojoties triploidālam endospermas kodolam (3n). Zigotai mitotiski daloties, attīstās **dīgļis** – jauns sporofīts, bet, endospermas kodolam mitotiski daloties, izveidojas endosperma. Endosperma (gr. *endon* – iekšā un *sperma* – sēkla) ir audi, no kuriem attīstības laikā barojas dīgļis un jaunais dīgsts.

Ziedaugiem notiek divkārsā apaugļošanās. Viena spermija kodols saplūst ar olšūnas kodolu, izveidojoties zigotai, bet otra spermija kodols – ar polārajiem kodoliem, izveidojoties triploidālai endospermas šūnai.



4.5. attēls. Divkārsā apaugļošanās

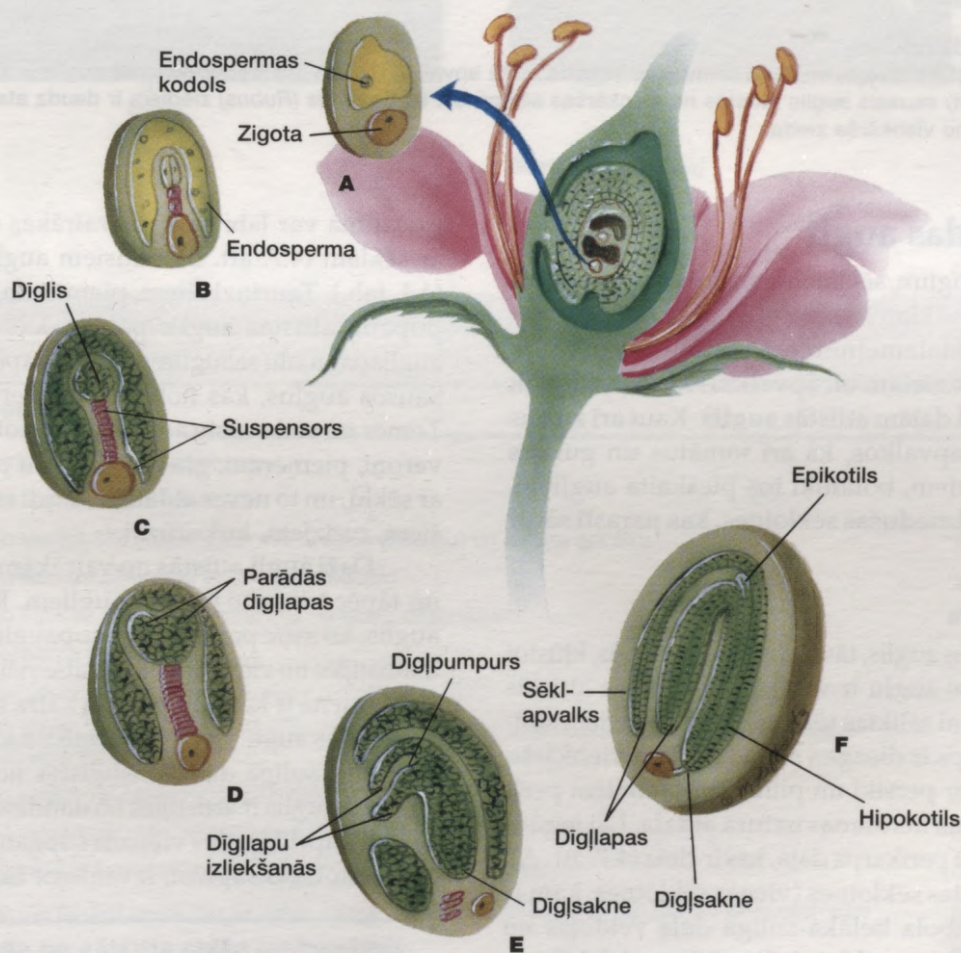
A. Dīgļstobrs aug cauri irbuļa audiem, un pa to pārvietojas arī divas spermiju šūnas. Dīgļstobrs izaug cauri mikropilei un atbrīvo abus spermijus. **B.** Viens spermijš pārvietojas olšūnas virzienā, tā kodols saplūst ar olšūnas kodolu, izveidojot zigotu. Otrs spermijš pārvietojas centrālās šūnas virzienā, saplūst ar polārajiem kodoliem un centrālajā šūnā izveido lielu triploidālu endospermas kodolu.

4.2. Dīgļa attīstības stadijas

Divdīgļlapju dīgļa attīstības stadijas redzamas 4.6. attēlā. Uzreiz pēc divkāršās apaugļošanās zigota atrodas zem endospermas kodola. Endospermas kodolam mitotiski daloties, veidojas endospermas audi, kas apņem dīgli. Arī zigota mitotiski dalās, izveidojoties divām daļām: virsējā daļa ir dīgļis, bet apakšējā – suspensors, kas nostiprina dīgli un pa ko dīgļis no sporofīta auga saņem barības vielas. Drīz dīglim var sākt izšķīrt **dīgļlapas** (gr. *cotyledon* – krūzes veida dobums). Šajā attīstības stadijā dīglim ir sirdsveida forma. Vēlāk dīgļis iegūst torpēdas formu, tam var sākt izšķīrt dīgļpumpuru un dīgļsakni, kuros atrodas apikālās meristēmas – audi, kas nodrošina auga primāro augšanu. Dzinuma apikālā meristēma nodrošina virszemes daļu augšanu, bet saknes apikālā meristēma – pazemes daļu augšanu.

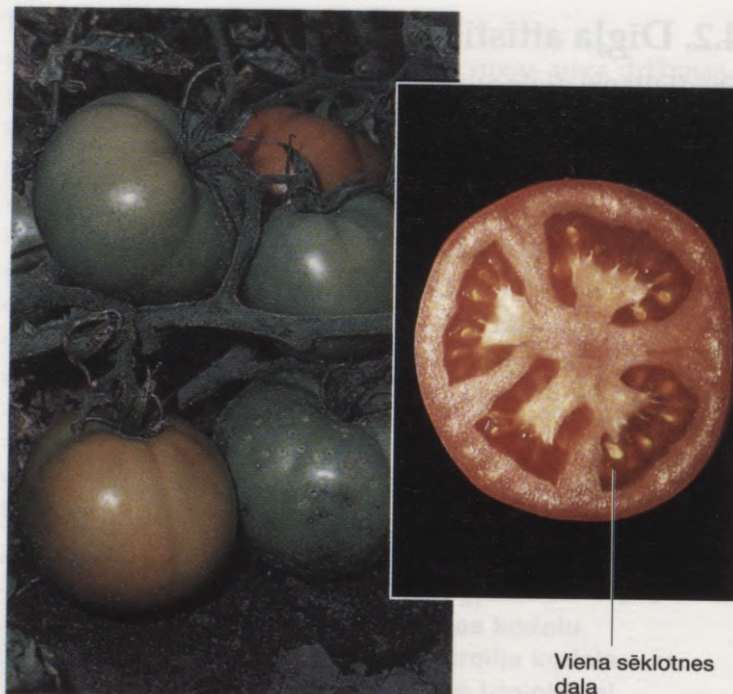
Viendīgļlapjiem atšķirībā no divdīgļlapjiem ir tikai viena dīgļlapa. Cita svarīga pazīme, ar ko viendīgļlapji atšķiras no divdīgļlapjiem, ir veids, kādā sēklā uzkrājas rezerves barības vielas. Viendīgļlapjiem dīgļlapa reti kad uzkrāj barības vielas; drīzāk tā barības vielas absorbē no endospermas un nodod dīglim. Divdīgļlapju dīgļa attīstības gaitā dīglim nepieciešamās barības vielas parasti uzkrājas dīgļlapās. Tāpēc 4.6. attēlā redzams, ka endosperma izzūd. Tajā uzkrātās vielas ir uzņēmušas dīgļlapas. Augu dīgļi epikotils atrodas virs dīgļlapām un veicina dzinuma attīstību; hipokotils ir dzinuma daļa zem dīgļlapām, kas piedalās stumbra veidošanā. No dīgļsaknes attīstās sakne. Sēklā atrodas dīgļis ar rezerves barības vielām.

Sēklā atrodas auga dīgļis (kura attīstībā vērojamas vairākas stadijas) ar tā rezerves barības vielām.



4.6. attēls. Divdīgļlapja dīgļa attīstība

A. Zigota atrodas zem endospermas kodola. **B, C.** Endospermu veido audu masa, kas apņem dīgli. Dīgļis atrodas virs suspensora. **D.** Parādoties dīgļlapām, dīgļis iegūst sirdsveida formu. **E.** Dīglim diferencējoties un augot, izzūd endosperma. Dīgļlapām izliecoties, dīgļis kļūst torpēdveidīgs. **F.** Dīgļis sastāv no epikotila (šeit to veido dīgļpumpurs), hipokotila un dīgļsaknes.

A. Mandele (*Prunus*)B. Tomāts (*Lycopersicon*)

Viena sēklotnes daļa

4.7. attēls. Augļu daudzveidība

A. Mandeles (*Prunus*) auglis ir sulīgs, ar vienu sēklu, kas ietverta cietā apvalkā. B. Tomāta (*Lycopersicon*) auglis ir attīstījies no saliktas sēklotnes. C. Zirņa (*Pisum*) sausais auglis attīstās no vienkāršas sēklotnes. D. Kazenes (*Rubus*) ziediem ir daudz atsevišķu sēklotņu; katrs augļa fragments attīstās no vienkārša zieda.

4.3. Sēklas atrodas auglī

No zigotas attīstoties dīglim, sēklaizmetņa integumenti kļūst cieti un pārvēršas par sēklapvalku. **Sēkla** ir veidojums, kas attīstās, nobriestot sēklaizmetnim. Tā sastāv no sporofīta dīgļa, rezerves barības vielām un apvalka. No sēklotnes un dažkārt arī citām zieda daļām attīstās **auglis**. Kaut arī zirņus un pupas to cietajos apvalkos, kā arī tomātus un gurķus tautā sauc par dārzeņiem, botāniķi tos pieskaita augļiem. Auglis veidojas no nobriedušas sēklotnes, kas parasti satur sēklas.

Augļu daudzveidība

Kad no sēklotnes attīstās auglis, tās apvalks uzbiezina, kļūstot par *perikarpu*. Vairums augļu ir vienkārši augļi; tie attīstās no vienas vienkāršas vai saliktas sēklotnes. Vienkāršiem sulīgiem augļiem perikarps ir diezgan sulīgs. Tipiski vienkāršu sulīgu augļu piemēri ir persiki un plūmes. Mandelēm perikarpa sulīgo daļu pirms lietošanas uzturā atdala. Lai iegūtu sēklu, jāpāršķeļ atlikusi perikarpa daļa, kas ir cieta (4.7. att. A). Ābols attīstās no saliktas sēklotnes (vienas sēklotnes, kam ir vairākas daļas), bet ābola lielākā sulīgā daļa veidojas no ziedgultnes, kura apaug ar sēklotni. Tomātiem vislabāk redzams, ka tie attīstījušies no saliktas sēklotnes, jo to šķērs-

griezumā var labi saskatīt vairākas daļas, kas katra pildīta ar sēklām (4.7. att. B). Sausiem augļiem ir sauss perikarps (4.1. tab.). Tauriņziežiem, piemēram, zirņiem (4.7. att. C) un pupām, attīstās auglis pāksts, kas atveras divās vietās – augļlapas malu saauguma un augļlapas galvenās dzīslas vietā. Sausos augļus, kas nobriestot atveras, sauc par veroniem. Tomēr ne visi sausie augļi nobriestot atveras. Neatveras neveroni, piemēram, graudi. Graudu perikarps ir cieši saistīts ar sēklu, un to nevar atdalīt. Graudi raksturīgi miežiem, kviešiem, rudziem, kukurūzai.

Daži augļi attīstās no vairākām atsevišķām sēklotnēm, un tāpēc tos sauc par kopaugļiem. Kazenei raksturīgs kopauglis, ko sauc par kauleņu kopaugli. Katrs augļa fragments ir attīstījies no vienkārša zieda atsevišķas sēklotnes (4.7. att. D). Arī zemene ir kopauglis, kam katra sēklotne attīstījusies par viensēklas augli. Zemes augli sauc par riekstiņu kopaugli. Zemes sulīgā daļa attīstījusies no ziedgultnes. Savukārt ananasa auglis ir attīstījies no daudziem atsevišķiem ziediem, kas piestiprinājušies vienam sulīgam ziedkātam. Sēklotnēm nobriestot, tās saplūst, izveidojot lielu, saaugušu augli.

Ziedaugiem sēkla attīstās no sēklaizmetņa, bet auglis veidojas galvenokārt no sēklotnes.

C. Zirnis (*Pisum*)D. Kazene (*Rubus*)

4.1. tabula

Augļu veidi

Nosaukums	Apraksts	Piemērs
Vienkārši augļi	Attīstās no vienas sēklotnes	
Sulīgie augļi	Perikarps parasti ir sulīgs	
Kaulenis	No vienkāršas sēklotnes ar vienu sēklu (kauliņu) un mīkstu apvalku	Persiks, plūme, olīva
Oga	No saliktas sēklotnes ar daudzām sēklām	Vīnoga, tomāts
Ābols	No saliktas sēklotnes; mīkstums no citām zieda daļām	Ābele, bumbiere
Sausie augļi	Perikarps ir sauss	
Somenis	No vienas sēklotnes, kas atveras pa apakšējo šuvi	Peonija
Pāksts	No vienas sēklotnes, kas atveras divās vietās – augļlapas malu saauguma un augļlapas galvenās dzīslas vietā	Zirnis, pupa, lēca
Pogaļa	No divām vai vairākām sēklotnēm; var atvērties dažādi	Magone, rododendrs
Sēklenis	No vienkāršas sēklotnes ar mazu viensēklas augli; perikarps viegli atdalās	Saulgrieze, pienene
Rieksts	No vienkāršas sēklotnes ar viensēklas augli; ciets perikarps	Ozols, lazda
Grauds	No vienkāršas sēklotnes ar mazu viensēklas augli; perikarps pilnīgi saistīts ar sēklapvalku	Mieži, rudzi, kvieši
Kopaugļi	Attīstās no viena zieda daudzām sēklotnēm	Kazenes, zemenes
Saauguši augļi	Attīstās no atsevišķu ziedu sēklotnēm, kas saaugušas kopā	Ananass

Sēklu izplatīšanās un dīgšana

Lai augi varētu izplatīties, vispirms jāizplatās to sēklām – tām jāaizklūst pēc iespējas tālāk prom no mātesauga. Pēc sēklu izplatīšanās notiek to dīgšana. No sēklām izveidojas dīgsts.

Izplatīšanās veicināšana

Augiem raksturīgi dažādi pielāgojumi, ar kuru palīdzību notiek sēklu izplatīšanās. Āboliņa, dadžu, sunīšu sēklas pieķeras dzīvnieku kažokam un cilvēku drēbēm ar dažādu āķišu un matiņu palīdzību. Putni un zvēri dažkārt apēd augļus ar visām sēklām un pēc tam tās izdala ar izkārnījumiem jau citā vietā. Vāveres un citi dzīvnieki sēklas un augļus vāc pārtikas krājumiem ziemai, turklāt šī krātuve parasti atrodas tālāk no ievākšanas vietas.

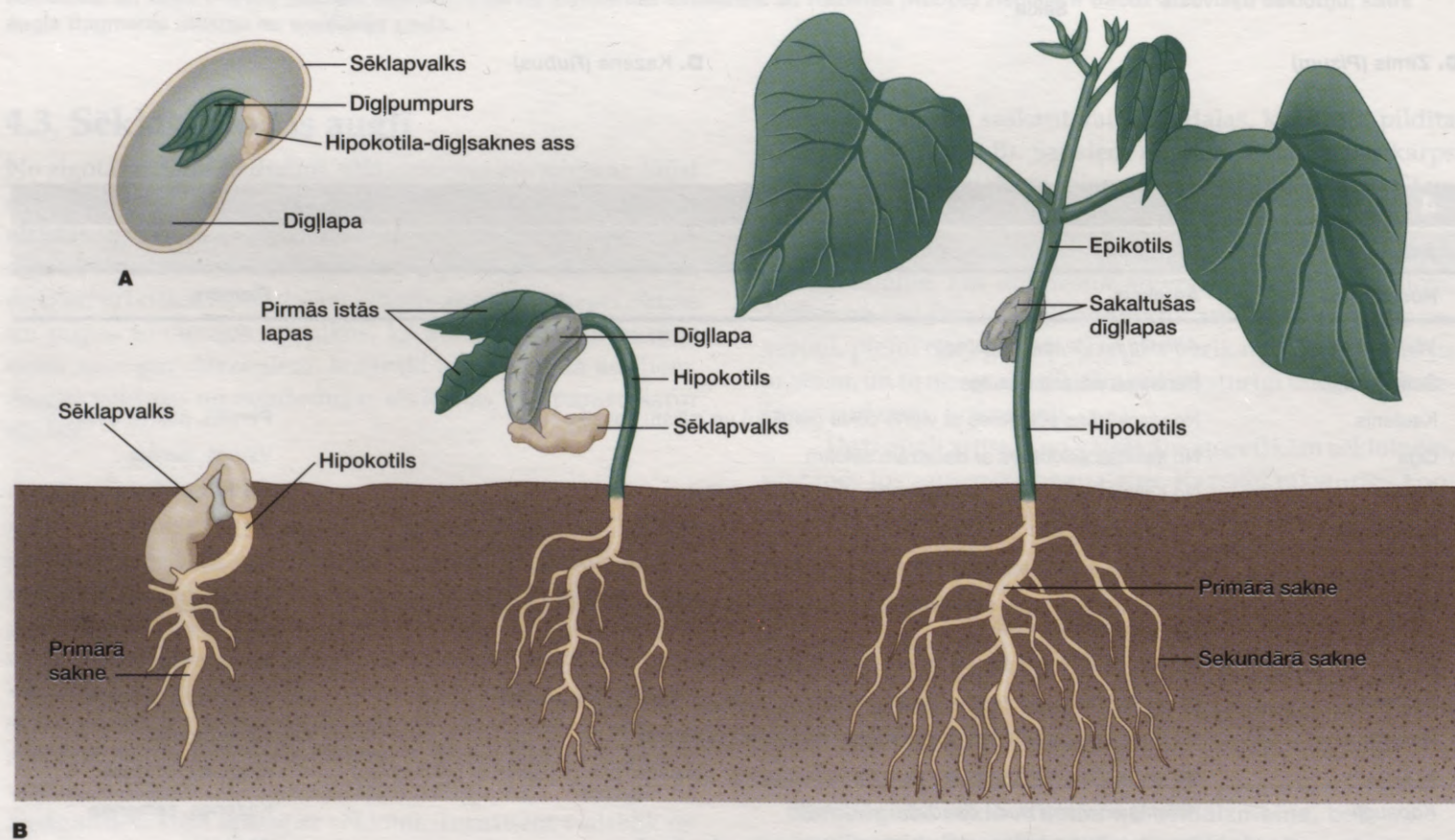
Kokospalmas augļi, kas pārvietojas ar okeānu un jūru straumēm, var tikt izskaloti krastā simtiem kilometru no mātesauga. Dažiem augiem ir augļi un sēklas ar gaisa pūšļiem vai dobumiem, kas tiem palīdz pārvietoties pa ūdeni. Daudzu augu sēklas pārvietojas ar vēja palīdzību. Tām raksturīgi lidmatīņi un lidspārņi. Orhideju sēklas ir tik sikas

un vieglas, ka tās aizpūš vējš. Diezgan smagajiem pieneņu augļiem raksturīgs izpletņim līdzīgs veidojums, ar kura palīdzību tās vējā var pārvietoties ļoti tālu. Ir konstatēts, ka kļavas spārnauglis, kam raksturīgas divas sēklas, var pārvietoties pat 10 kilometrus tālu no mātesauga. Spriganēm raksturīgas pogaļas, kas nobriestot pārsprāgst un pašas izsviež sēklas.

Dzīvnieki, ūdens un vējš palīdz augiem izplatīt to sēklas.

Sēklu dīgšana

Dažu augu sēklas nedīgst, ja tām zināmu laiku nav bijis miera perioda. Sēklu miera periods ir laiks, kurā sēklas nedīgst, pat ja pastāv dīgšanai labvēlīgi apstākļi. Daudziem mērenās klimata zonas augiem sēklas zināmu laiku līdz dīgšanai jātur zemā temperatūrā. Šādu apstākļu sauc par stratifikāciju. Sausa un karsta klimata apstākļos, piemēram, tukšajos augoši augiem sēklas nedīgst, līdz tām nav



4.8. attēls. Dārza pupiņas sēklas uzbūve un dīgšana

A. Sēklas uzbūve. B. Sēklas dīgšana un dīgsta attīstība.

pietiekami daudz mitruma. Šī prasība palīdz augam noteikt laika brīdi, kad iestāties sēklas dīgšanai un auga augšanai piemērots gadalaiks.

Dīgšana ir process, kura norisei nepieciešams ūdens, siltums un skābeklis, turklāt šo procesu regulē inhibitoru un augšanas stimulatoru līdzsvars. Ir zināms, ka sulīgie augļi, piemēram, āboli, bumbieri, apelsīni un tomāti, satur augšanas inhibitorus, tāpēc sēklas nedīgst, līdz tās nav no augļiem izņemtas un nomazgātas. Savukārt dažiem mērenā klimata zonas kokaugiem sēklās sastopami augšanas stimulatori. Lai sēklas dīgtu, tām vispirms jāuzņem ūdens, un šo procesu var veicināt sēklapvalka mehāniska ievainošana, sēklu apstrāde ar ūdeni, pakļaušana baktēriju un pat uguns iedarbībai. Sēklām uzņemot ūdeni, tās uzbriest.

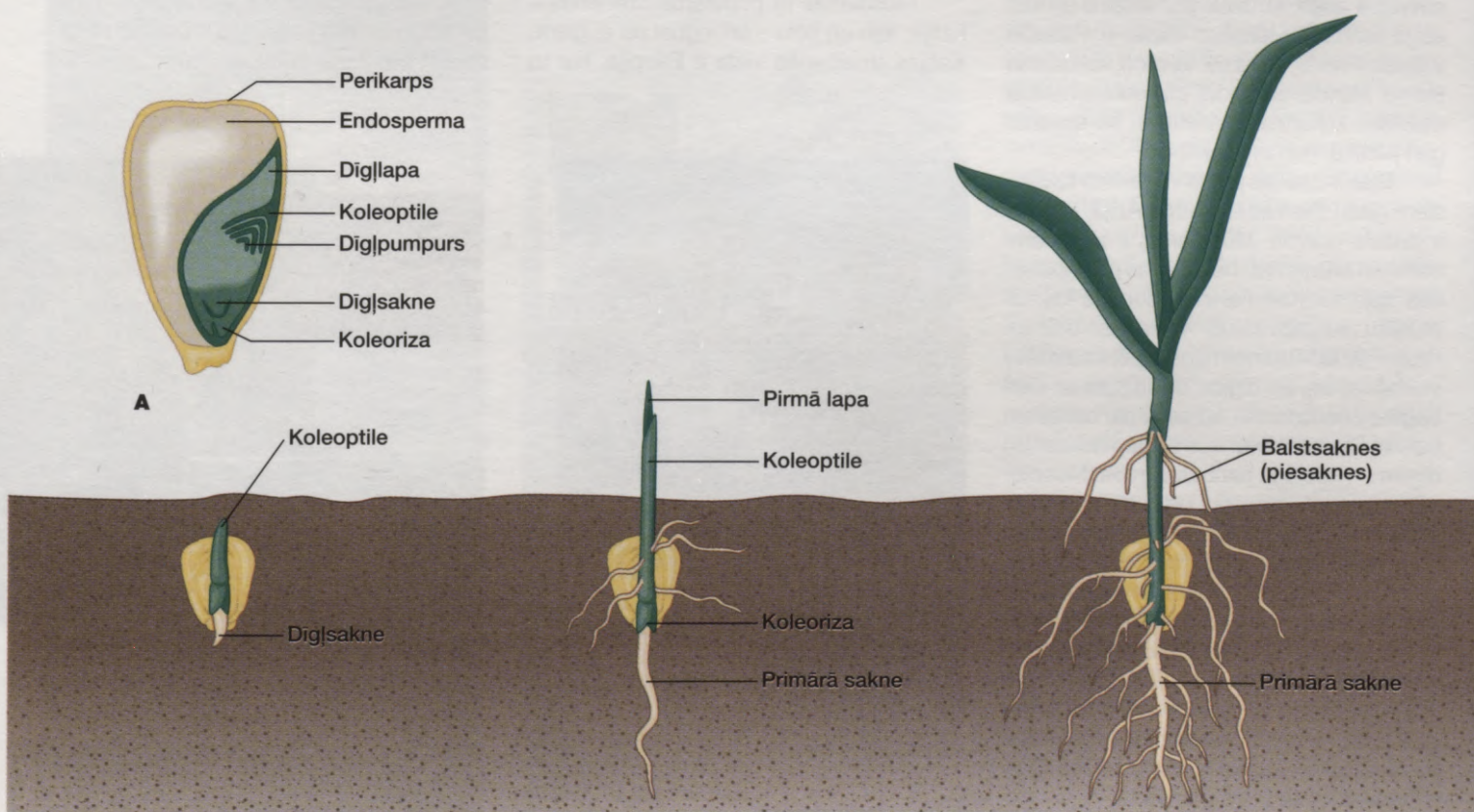
Divdīgļlapju un viendīgļlapju sēklu dīgšana

Divdīgļlapju, piemēram, pupiņu un zirņu sēklām ir divas dīgļlapas. Dīgļlapas, sēklām dīgstot, piegādā dīglim un jaunajam dīgstam barības vielas un, kad tās savas funkcijas ir beigušas, sažūst un nokrīt. Ja pupiņas sēklai abas dīgļlapas atdala, izaug rudimentārs augs (4.8. att.). Epikotila galā atro-

das dīgļpumpurs (lat. *plumylla* – spalva). Divdīgļlapja dīgstam izlaužoties no augsnes, jaunajam dzinumam ir āķa forma, kas aizsargā dīgļpumpuru. Hipokotils kļūst par stumbru, bet dīgļsakne – par sakni. Ja sēkla dīgst tumsā, jaunais augs ir etiolēts – tā stumbrs stiepjas, saknes un lapas ir mazas, augs ir bāls un izstīdzējis. Atjaunojoties piemērotam apgaismojumam, normālu augšanu inducē fitohroms – pigments, kas uztver sarkano un infrasarkano gaismu.

Kukurūza ir viendīgļlapis – tai ir tikai viena dīgļlapa. Rezerves barības vielas viendīgļlapju sēklā uzkrājas endospermā, un dīgļlapa neveic uzkrājējfunkciju. Kukurūzai un citiem labības augiem ir sauss auglis, ko sauc par graudu. Tā ārējais apvalks ir perikarps (4.9. att.). Dīgļpumpuru un dīgļsakni dīgstot aizsargā makstis, ko sauc par koleoptili un koleorizu. Sēklai dīgstot, dīgļpumpurs un dīgļsakne aug cauri šim aizsargmakstīm.

Dīgšana ir sarežģīts process, ko regulē daudzi faktori. Dīgļis augot pārplēš sēklapvalku un kļūst par dīgstu ar lapām, stumbru un saknēm.



B

4.9. attēls. Kukurūzas sēklas uzbūve un dīgšana

A. Sēklas uzbūve. **B.** Sēklas dīgšana un dīgsta attīstība.

Uzziniet tuvāk

► Augu ekonomiskā nozīme

Kāda ir augu nozīme mūsu dzīvē? Pavērojot apkārtni, var redzēt, ka ļoti daudz materiālu un priekšmetu ir izgatavoti tieši no augiem vai arī pārstrādājot tos.

Visvairāk pārtikas pasaulē iegūst no trim ziedaugiem: kviešiem, kukurūzas un rīsa. Šie trīs augi pieder pie graudzāļu dzimtas, un tos sauc par labības augiem. Vairums no 5,6 miljardiem Zemes iedzīvotāju pārtiku iegūst vienkāršā veidā, to audzējot privātajās zemes platībās. Šo augu audzēšana ir ļoti svarīga cilvēces turpmākai eksistencei. Ja vīruss vai kāda cita slimība iznīcinātu kādu no šiem augiem, uz Zemes bada nāvē masveidā ietu bojā cilvēki.

Kukurūza, kvieši un rīss ir izcēlušies dažādās Zemes vietās. Kukurūzu pirmoreiz sāka audzēt aptuveni pirms 7000 gadiem Centrālamerikā. Joprojām valda nesaskaņas jautājumā par to, kādi izskatījās savvaļas augi un kur tie sākotnēji ir auguši. Saskaņā ar jaunāko teoriju kukurūza ir izcēlusies no savvaļas auga, ko sauc par teosinti un kas auga centrālās Meksikas kalnienē. Pasaulē ir zināmi vairāk nekā 22 tūkstoši kukurūzas šķirņu. Mūsdienās audzē galvenokārt sešas dažādas kukurūzas varietātes, ko izmanto gan pārtikā, gan arī lopkopībā.

Rīss ir izcēlies pirms vairākiem tūkstošiem gadu Dienvidaustrumu Āzijā, kur tas ir audzis purvos. Mūsdienās ir pazīstami baltie un brūnie rīsi. Tie atšķiras pēc apstrādes apjoma. Kad rīsi ir ievākti, tos kuļ, lai atdalītu augļapvalkus. Tā iegūst brūnos rīsus. Pēc tam brūnos rīsus slīpē, lai atdalītu sēkļapvalkus un dīgļus un iegūtu ar cieti bagātu endospermu, ko sauc par baltajiem rīsiem. Diemžēl tieši rīsa sēkļapvalkam un dīglim ir vislielākā barības vērtība. Mūsdienās rīsu audzē tropiskā un subtropiskā klimata joslās, kur ir pietiekami daudz ūdens.

Visā pasaulē ļoti plaši audzē kviešus, no kuriem pagatavo miltus un maizi. Kviešus pirmoreiz sāka kultivēt aptuveni 8000 gadus p. m. ē. Tuvo Austrumu valstīs (Irānā, Irākā u. c.), acimredzot kvieši ir viens no senāk kultivētajiem augiem. Kviešus 1520. gadā Ziemeļamerikā ieveda pirmie kolonisti. Pie mums tos sāka audzēt mūsu ēras pirmajā līdz ceturtajā gadsimtā.

Viens no mūsu "netikumiem" ir cukurs. Šo ogļhidrātu iegūst galvenokārt no diviem augiem – no cukurbietēm (visvairāk Eiropā) un no cukurniedrēm (Dienvidamerikā, Āfrikā, Āzijā un Karību salās). No šiem augiem saražo aptuveni 50 % pasaules cukura.

Daudz dažādu ēdienu bez garšvielām ir pārāk maigi vai bezgaršīgi. Viduslaikos bagātie eiropieši netaupīja naudu, lie iegūtu garšvielas no Tuvajiem un Tālajiem Austrumiem. XV un XVI gs. vairums ekspedīciju tika uzsāktas, lai atrastu labākus un lētākus garšvielu importēšanas ceļus. Portugāles karaliene patiesībā sūtīja Kolumbu atrast īsāko ceļu uz Tuvajiem Austrumiem, ceļojot pa jūru uz rietumiem, nevis pa sauszemi uz austrumiem. Kolumba ideja bija pamatota, bet viņš sastapās ar nelielu šķērslī – ar Jauno pasauli. Šī notikuma rezultātā Eiropā vēlāk nokļuva tādas svarīgas lauksaimniecības kultūras kā kukurūza, kartupeļi, pipari un tabaka.

Mūsdienās tik populāros dzērienus – kafiju, tēju un kolu – arī iegūst no augiem. Kafijas izcelšanās vieta ir Etiopija, kur to

garos ceļojumos lietoja kopā ar dzīvnieku taukiem, lai remdētu izsalkumu un nogurumu. Kafiju pirmoreiz kā dzērienu sāka lietot XIII gadsimtā Arābijā un Turcijā, bet Eiropā tā ir pazīstama tikai kopš XVII gadsimta. Uzskata, ka tējas izcelšanās vieta ir Centrālāzija. Sākotnēji to galvenokārt kā smalku medikamentu izmantoja ķīnieši. Dzēriens, kādu pazīst mūsdienās, radās tikai IV gadsimtā, bet Eiropā tas kļuva populārs tikai XVII gadsimta vidū. Kola ir parasta tropisko dzērienu sastāvdaļa. To sāka izmantot iepriekšējo gadsimtu mijā, kopā ar uzbudinošo vielu koku (ko izmanto narkotiskās vielas kokaīna izgatavošanai) pagatavojot oriģinālo dzērienu "Coca-Cola". Vēl tikai pirms dažiem desmitiem gadu galvenais izejmateriāls apģērba ražošanā bija kokvilna, līni un citas dabiskās šķiedras. Mūsdienās lielākais kokvilnas ražotājs ir Ķīna. Visā pasaulē aug vairāk nekā 30 vietējo kokvilnas sugu. Amerikas Savienotajās Valstīs kokvilna ir viengadīgs augs, bet tropu zemēs kokvilnas krūmi nereti sasniedz pat 2 metru augstumu.



Kukurūza (*Zea*)



4.B. attēls. Labības augi

Šie labības augi ir galvenais kaloriju un proteīnu avots mūsdienās.



Kvieši (*Triticum*)



Rīss (*Orza*)



Kokvilnas šķiedras iegūst no kokvilnas auga sēklu matiņiem. Vēl XVI gadsimtā par kokvilnu zināja Eiropā tikai no nostāstiem, kas saistīti ar Āziju. Kolumbu un citus kolonistus pārsteidza Jaunajā pasaulē smalki noaustie kokvilnas audumi, bet jau 1800. gadā par pasaules kokvilnas tirdzniecības centru kļuva Liverpūle. Kad Levijs Strauss gribēja uzšūt izturīgus džinsus, viņam vajadzēja par kokvilnu izturīgāku materiālu, un viņš izmantoja kaņepju šķiedru audumu. Mūsdienās kaņepes (marihuā-

na) ir pazīstamas galvenokārt kā halucinogēna narkotiska viela.

Vēl viens no mūsdienās plaši izmantotiem augiem ir kaučukkoks. Augs, no kura biezās, baltās sulas sākotnēji tika izgatavots produkts, ko mēs saucam par gumiju, ir izcēlies Brazīlijā. Sulu ievieto lielā tvertnē, kur tai pievieno skābi, lai izgulsnētu lateksu. Pēc ūdens atdalīšanas iegūto produktu saspresē sloksnēs vai sadrupina un uzglabā saiņos. Izturīgāku gumiju, kādu izmanto, piemēram, riepu ražošanā, iegūst, gumijas jēlmasai pievienojot sēru un to karsējot vulkanizācijas procesā. Tādējādi iegūst elastīgu, pret temperatūras svārstībām izturīgu materiālu. Mūsdienās vairumu gumijas iegūst sintētiskā ceļā.

Arī citus augus jau gadu tūkstošiem plaši izmanto mājturībā, arī māju būvēšanai. Kokmateriālus plaši izmanto celtniecībā. Šos materiālus iegūst no priedēm, eglēm, ozoliem un citiem kokiem. Tropu zemēs celt-

niecībā lieto ne vien kokus, bet arī lakstaugus. Centrālamerikā un Dienvidamerikā juntu segumiem izmanto palmu lapas, kas kalpo vismaz desmit gadus un lietusgāzu laikā nerīb. Tuvajos Austrumos upju krastos māju celtniecībā izmanto galvenokārt niedres.

Mūsdienās veic plašus pētījumus par ārstniecības augiem. Pašlaik aptuveni 50 % zāļu ražo, izmantojot augus. Mūsdienās pastāv cerība ar augiem ārstēt tādas gadsimta slimības kā vēzis un AIDS. Nacionālais Vēža institūts Amerikas Savienotajās Valstīs un vairums pasaules vadošo farmācijas firmu ir izdevušas miljonus un pat miljardus dolāru, lai ekspedīcijās pa visu pasauli sūtītu botāniķus, kas meklē un pārbauda dažādus augus. Dienvidamerikas un Āfrikas cilšu mediķi jeb šamaņi līdz šim jau ir atklājuši un izstrādājuši daudzus svarīgus ārstniecības līdzekļus.

Viens no pārsteidzošākajiem vēstures notikumiem ir hinīna iegūšana cīņai pret malāriju. Gadsimtiem ilgi malārija ir izraisījusi lielāku mirstību nekā jebkura cita slimība. Līdz pat 1630. gadam Eiropā nebija zināms ārstniecības līdzeklis pret šo slimību. Vēlāk uzzināja, ka slimību var ārstēt, izmantojot Dienvidamerikas ziemeļaustrumos augošā hinīnkoka mizu. Divdesmitā gadsimta 40. gados šīs zāles ieguva sintētiski hlorohinīna veidā. Tomēr 60. gadu beigās dažas, īpaši Āfrikā dzīvojošās malārijas parazīta formas, kas parazitē sarkanajos asinsķermenīšos, kļuva izturīgas pret sintētiskajām zālēm. Nesen šādi izturīgi parazīti ir parādījušies arī Āzijā un Amazones tuvumā. Mūsdienās vienīgās pilnīgi drošās zāles pret malāriju iegūst tikai no hinīnkoka.

Daudzu augu ekstraktus mūsdienās cilvēki izmanto, lai iegūtu halucinogēnu efektu – no kokas koka iegūst kokaīnu, no magones – opiju un morfīnu, no batātēm – steroidus.

Un visbeidzot – kurš gan var noliegt augu skaistumu to dabiskajā vidē? Iedomājoties koku ēnu karstajās vasarās, dekoratīvos augus vecos parkos un spilgtus ziedus jebkurā dārzā, kļūst skaidrs, ka augi mums dod daudz vairāk nekā tikai skābekli, kas nepieciešams elpošanai.



A. Pundurpalmas (*Chamaerops*)



B. Kaučukkoks (*Hevea*)



B. Kokvilna (*Gossypium*)

4.C. attēls. Dažu augu izmantošana

A. Pundurpalmas izmanto grozu izgatavošanai. B. No kaučukkoka sulas iegūst lateksu, ko izmanto riepu ražošanai. C. Visi cilvēki valkā apģērbu, kas pagatavots no kokvilnas.

4.4. Augu bezdzimumvairošanās

Augu veģetatīvā pavairošana, kuras pamatā ir augu bezdzimumvairošanās, ir iespējama tāpēc, ka augiem ir nediferencēti audi, kurus sauc arī par meristēmām jeb veidotājaudiem. Atšķirībā no dzimumvairošanās, kurā piedalās divi augi, bezdzimumvairošanās procesā ir iesaistīts tikai viens augs. No stīgas (horizontāla virszemes stumbra) var izaugt zemes augs, savukārt vijolītes var vairoties no sakneņa (horizontāla pazemes stumbra) (4.10. att.). Kartupeļu bumbuļi ir apakšzemes stumbri, un to "acis" ir sēnumpuri, no kuriem var attīstīties jauns kartupeļa augs, ja vien bumbuļi iestāda. Batātes ir sakņu pārveidnes, kuras var pavairot ar sakņu fragmentiem. Ikviens ir pamanījis, ka daži augļu koki, piemēram, ābeles un ķiršu koki, dod sakņu atvases, kuras atdalot var iegūt jaunus augus.

Bez jau pieminētajiem augiem ar dzinumu spraudējiem var pavairot arī cukurniedres, ananasus un daudzus dekoratīvos augus. Ja šo augu stumbru fragmentus ievieto augsnē, tiem veidojas saknes. Kopš tika atklāts, ka piesakņu veidošanos stimulē augs, daudzus augus pavairo ar dzinumu spraudējiem.

Augu pavairošana ar audu kultūrām

XIX gadsimta sešdesmitajos gados atklāja, ka augus var audzēt, izmantojot hidroponikas metodi. Šo atklājumu, kā arī augu spēju vairoties bezdzimumvairošanās ceļā izmantoja vācu botāniķis Gotlībs Hāberlends, kuram 1902. gadā radās ideja, ka visu augu var pavairot ar audu kultūrām. Par **audu kultūru** sauc augu audzēšanu mākslīgā barotnē.

Hāberlends ierosināja, ka augu šūnas ir totipotentas (lat. *totus* – viss un *potens* – jaudīgs) – t. i., katrai šūnai raksturīgs pilns organisma ģenētiskais potenciāls un tāpēc no katras šūnas var izaugt vesels augs. Tas bija pieņēmuma līmenī līdz 1958. gadam, kad Kornela Universitātes botāniķis F. Stjuards no neliela lūksnes gabaliņa izaudzēja veselu burkāna augu (4.11. att.). Līdzīgi citiem agrīnajiem pētniekiem, viņš barotnei pievienoja ogļhidrātus, minerālvielas un vitamīnus, tomēr atšķirībā no citiem viņš pievienoja arī kokosrieksta pienu. (Vēlāk tika atklāts, ka kokosrieksta piens satur fitohormonu citokinīnu). Kad kultivējamās šūnas sāka augt, sāka veidoties **kalluss** – nediferencētu šūnu grupa. Pēc tam no kallusa diferencējās dzinums un saknes, līdz attīstījās vesels augs.

Hibridizācija (lat. *hybrida* – jauktenis) ir dažādu augu varietāšu vai sugu krustošana, ko veic, lai iegūtu augus ar vēlamām pazīmēm. Hibridizācijas un tai sekojošas pieaugušu augu veģetatīvās pavairošanas rezultātā iegūst lielu skaitu identisku augu ar vēlamajām pazīmēm. Attīstoties augu audu kultūru metodei, radās augu **mikropavairošana** – rūpnieciska un komerciāla tūkstošu un miljonu identisku augu pavairošanas metode. Viena no augu mikropavairošanas realizācijas metodēm ir **meristēmu kultūras**. Ja barotnei pievieno atbilstošu augsni un citokinīna daudzumu, no dzinuma apikālās meristēmas var iegūt daudz jaunu mikrodzinumu. Atdalot jau izveidojušos dzinumus, meristēmas masai pamazām veidojas jauni dzinumi. Tā kā visi dzinumi ir ģenētiski identiski, tad visiem pieaugušajiem augiem, kas no tiem attīstās (klonētajiem augiem), ir tādas pašas pazīmes. Cita meristēmu kultūru priekšrocība ir tā,



4.10. attēls. Augu bezdzimumvairošanās

No zemeņu (*Fragaria*) stīgu mezglos esošajām meristēmās šūnām attīstās jauni augi.

ka atšķirībā no citām auga daļām meristēmas neslimo ar vīrusu slimībām. Tāpēc ar meristēmu kultūrām pavairotie augi ir atveseļoti no vīrusu slimībām. (Augu vīrusu slimības novārdzina augus un padara tos mazāk produktīvus.)

Ja augu klonēšanai izmanto ziedu meristēmas, kallusa virspusē veidojas dīglveida struktūras, ko sauc par somatiskajiem dīgļiem. Somatiskos (bezdzimumvairošanās ceļā izveidojušos) dīglus apņem hidrēta gēla aizsargkapsula. Tos dažkārt sauc par mākslīgajām sēklām, un tie ir viegli transportējami. Lielās tvertnēs, ko sauc par bioreaktoriem, šī laikā ir iespējams saražot miljonus somatisko dīglu. Tas jau ir veikts ar dažādām dārzenkultūrām, piemēram, tomātiem, selerijām un spargēļiem, kā arī ar dekoratīvajiem augiem (lilijām un begonijām). **Putekšņīcu kultūras** ir jauna tehnoloģija, ar kuru, izmantojot barotni ar vitamīniem un augšanas regulatoriem, kultivē nobriedušas putekšņīcas. Haploidālās dīglstobra šūnas putekšņos dalās, veidojot proembrijus, kas sastāv no 20 līdz 40 šūnām. Pēc tam putekšņi plīst, atbrīvojot haploīdus dīglus. Tādējādi pētnieks var audzēt haploīdālus augus vai izmantot ķīmiskas vielas, lai divkāršotu hromosomu skaitu. Pēc hromosomu skaita

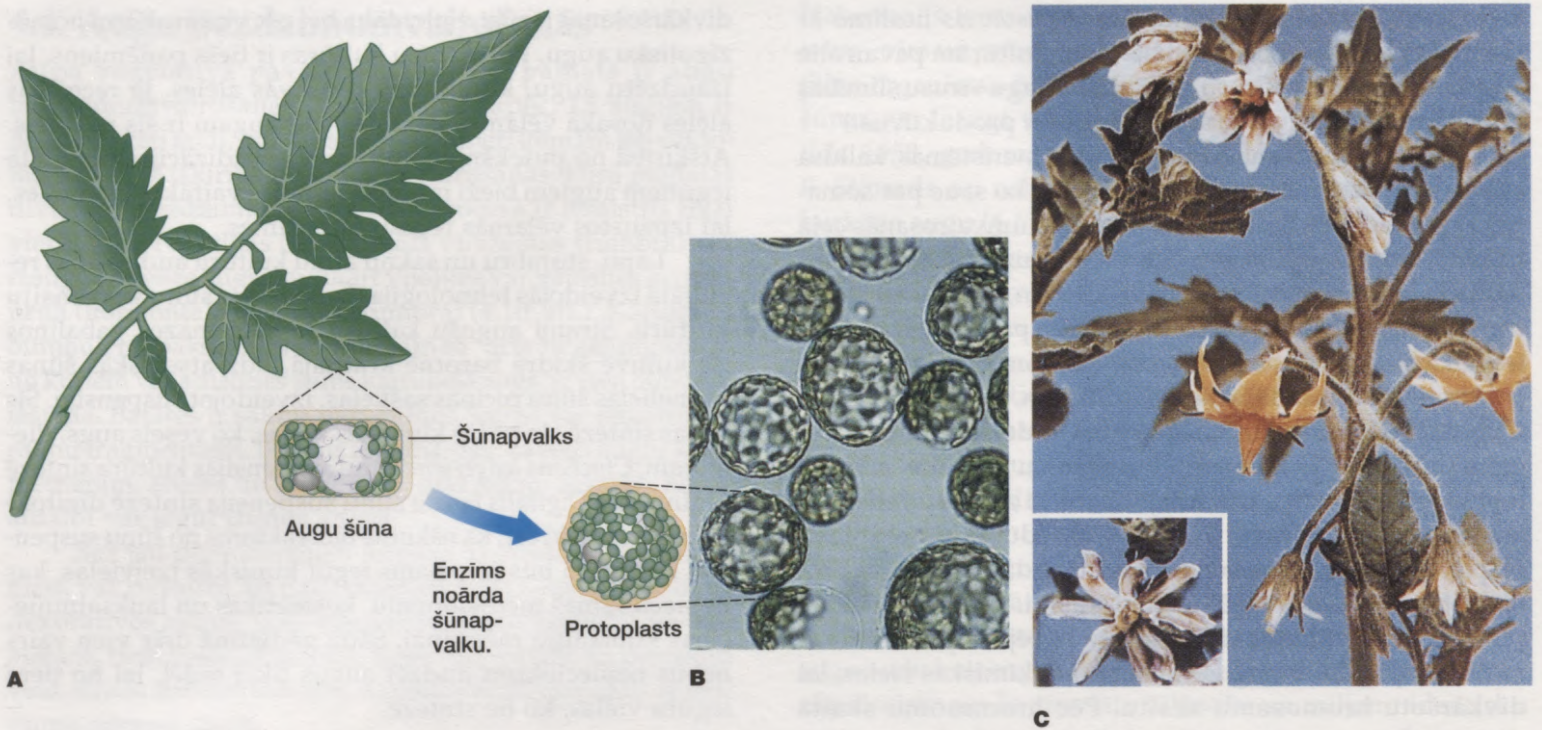
divkāršošanas iegūst diploīdālu, bet pēc visām alēlēm homoīgotisku augu. Putekšņīcu kultūras ir tiešs paņēmieni, lai izaudzētu augu, kuram nav recesīvās alēles. Ja recesīvās alēles nosaka vēlamās pazīmes, tad augam ir šīs pazīmes. Atšķirībā no putekšņīcu kultūrām hibridizācijas rezultātā iegūtiem augiem bieži ir nepieciešamas vairākas paaudzes, lai izpaustos vēlamās recesīvās pazīmes.

Lapu, stumbru un sakņu audu kultūru audzēšanas rezultātā izveidojās tehnoloģija, ko sauc par **šūnu suspensiju kultūru**. Strauji augošu kallusu sagriež mazos gabaliņos un kultivē šķidrā barotnē kratītājā, līdz atsevišķas šūnas vai nelielas šūnu piciņas sašķeļas, izveidojot suspensiju. Šīs šūnas sintezē tās pašas ķīmiskās vielas, ko vesels augs. Piemēram, *Cinchona ledgeriana* šūnu suspensijas kultūra sintezē hinīnu, bet *Digitalis lanata* šūnu suspensija sintezē digitoksīnu. Zinātnieki cer, ka nākotnē bioreaktoros no šūnu suspensiju kultūrām būs iespējams iegūt ķīmiskās izejvielas, kas nepieciešamas medikamentu, kosmētikas un lauksaimniecības ķimikāliju ražošanai. Šādā gadījumā drīz vien vairs nebūs nepieciešams audzēt augus tikai tādēļ, lai no tiem iegūtu vielas, ko tie sintezē.



4.11. attēls. Augu klonēšana no audu šūnām

A. No burkāna saknes audiem iegūst nelielus cilindrus un plānus to griezumus ievieto šķidrā barotnē. **B.** Pēc dažām dienām no šūnām veidojas nediferencētu šūnu masa – kalluss. **C.** Pēc vairākām nedēļām kallusam sāk attīstīties klonēti burkāna augi. **D.** Beidzot burkāna augus no kultūras var pārvietot barotnē veģetācijas traukos.



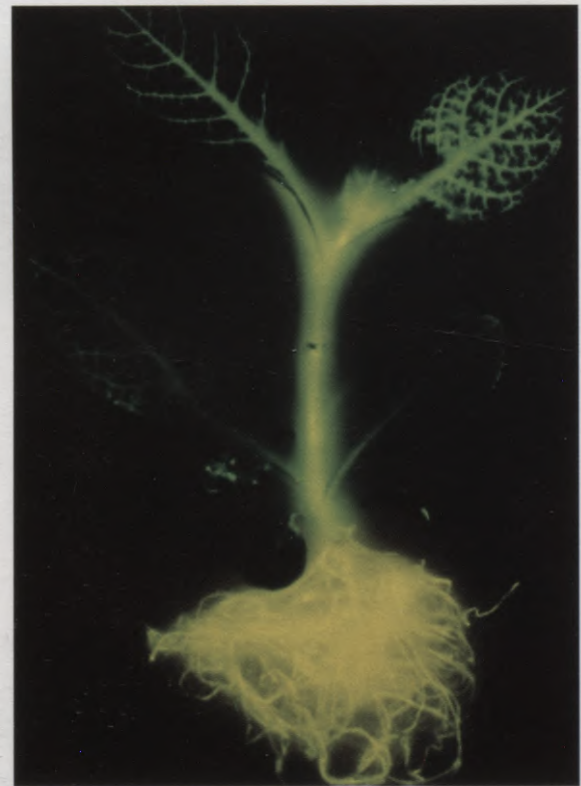
4.12. attēls. Augu protoplasti

A. Ja enzīms noārda augu šūnas šūnapvalku, paliek kaila šūna jeb protoplasts. **B.** Protoplastu mikrofotogrāfija. **C.** Dažkārt, saplūstot divu dažādu augu sugu protoplastiem, izveidojas hibrīdi. Attēlā redzams šāds hibrīds, kas izveidojies, saplūstot kartupeļa un tomāta protoplastiem. Baltie ziedi ir līdzīgi kartupeļu ziediem, bet dzeltenie – tomātu ziediem.

No vienas atsevišķas šūnas ir iespējams izaudzēt veselu augu, tāpēc saka, ka augu šūnas ir totipotentas. Tas jau ir izdarīts. Neliela augu audu gabaliņa šūnu šūnapvalku noārdīšanai izmantojot enzīmus, ir iegūtas kailas šūnas, ko sauc par **protoplastiem** (gr. *protos* – vispirms un *plastos* – veidojums). Protoplastiem atjaunojas šūnapvalks, un tie sāk dalīties. Šīs šūnu pičiņas var izmantot, lai izaudzētu noteiktu augu somatiskos dīgļus. No somatiskajiem dīgļiem iegūtie augi attīstības gaitā stipri skaldās mutāciju dēļ. Šo procesu, ko sauc par **somaklonālo selekciju**, izmanto selekcionāri, lai iegūtu jaunus augus ar vēlamajām īpašībām.

Augu gēnu inženierija

Mūsdienās ir iespējams organismu gēnus pārmainīt tā, lai tiem būtu jaunas, atšķirīgas īpašības. **Transgēnie augi** nes svešu gēnu, kas ir ievadīts to šūnās. Tā kā no protoplasta var izaugt vesels augs, nepieciešams ir tikai ievadīt svešo gēnu dzīvā protoplastā. No cita organisma izolētu svešu gēnu ievada audu kultūru barotnē. Tālāk var izmantot augstsprieguma impulsus, lai plazmatiskajā membrānā radītu poras, caur kurām tajās iekļūst DNS. Piemēram, kad par jāņtārpiņa enzīma luciferāzes sintēzi atbildīgo gēnu ievadīja tabakas auga protoplastos, izaugušie augi sāka spīdēt, tiklīdz tos apsmidzināja ar luciferīnu (4.13. att.).



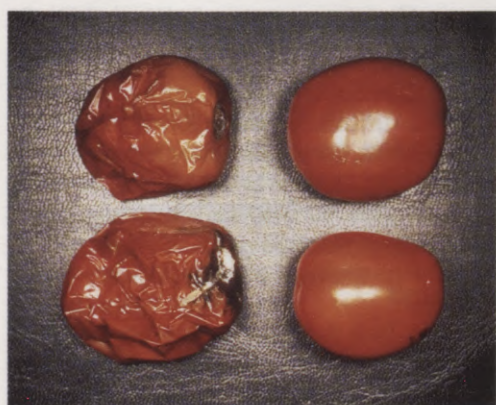
4.13. attēls. Gēnu inženierijas rezultātā izaudzēts augs
Šis transgēnais augs sāk spīdēt, tiklīdz to apsmidzina ar luciferīnu. Tā šūnas satur proteīnu luciferāzi – jāņtārpiņa enzīmu, kas iedarbojas uz ķīmisko vielu luciferīnu, kurš izdala gaismu.



A



B



C

Daži gēnu inženierijas rezultātā iegūti augi						
Labības augi	Šķiedraugi	Pārtikas tauriņzieži un eļļas augi	Dārzkopības kultūras		Ganību kultūras	Koki
Rīss	Kokvilna	Lini	Burkāns	Kartupelis	Afalfa	Papele
Kukurūza		Sojas pupiņa	Ziedkāposts	Petūnija	Baltais āboliņš	Ābele
Kvieši		Saulgrieze	Selerija	Cukurbiete	Balodene	Valrieksts
Mieži		Pupiņa	Gurķis	Tabaka		
Rudzi		Zīrnis	Salāti	Tomāts		
			Melone			

D

4.14. attēls. Lauksaimniecībā izmantojamās transgēnās kultūras

- A.** Sojas pupiņas, kas ir izturīgas pret herbicīdu, lieliski aug, kaut arī tās miglotas ar to pašu herbicīdu, ar ko neizturīgās sojas pupiņas.
B. Kartupeļa augš, kam ievadīts *Bacillus thuringiensis* (B.t.) gēns, ir izturīgs pret Kolorado vaboli, bet kontroles augš ir apgrauzts.
C. Transgēnie tomāti, kas izaudzēti, lai transportējot nebojātos, un kontroles tomātu augļi.
D. Gēnu inženierijas rezultātā izaudzētu lauksaimniecības augu saraksts.

Diemžēl labības augu reģenerācija no protoplastiem izrādās sarežģīta. No kukurūzas un kviešu protoplastiem izaug neaugļīgi augi. Tāpēc DNS ievadīšanai augu šūnās, kam saglabājies šūnapvalks, izmanto citas metodes. Viena šāda metode ir saistīta ar svešas DNS ievadīšanu plazmīdā baktērijai (*Agrobacterium*), kas normāli inficē augus. Plazmīda ir gredzenveida DNS fragments, kas atdalīts no baktērijas hromosomas. To var izmantot rekombinantās DNS veidošanai. Rekombinantā DNS satur gēnus no dažādiem objektiem, proti, no plazmīdas un interesējošā svešā gēna. Baktērijai inficējot augu šūnas, plazmīda un tās DNS iekļūst augu šūnās. 1987. gadā Džons Stenforde un Teodors Kleins no Kornela Universitātes izstrādāja citu metodi, kā ievadīt DNS neskarta auga šūnās. Viņi konstruēja ierīci, ko nosauca par **daļiņu lielgabalu**, ar kuras palīdzību augu šūnas bombardē ar DNS pārklātām mikroskopiskām metāla daļiņām. Ar daļiņu lielgabala palīdzību ir izdevies iegūt daudz augu,

ieskaitot kukurūzu un kviešus, augu kultūras, kas izaudzētas no dažādām šūnām. Vēlāk no šīm šūnām var izaudzēt veselus augus.

Daudzas lauksaimniecības kultūras ir ģenētiski pārveidotas, lai iegūtu pret vīrusu slimībām, kaitēkļiem un herbicīdiem izturīgus augus (4.14. att.). Ja lauksaimniecības kultūra ir izturīga pret plaša pielietojuma spektra herbicīdu, bet nezāles nav izturīgas, tad šo herbicīdu var izmantot attiecīgās kultūras stādījumos, lai iznīcinātu nezāles. Jācer, ka nākotnē ar modernām metodēm varēs izaudzēt augus ar lielu proteīnu saturu, kuru audzēšanai būs nepieciešams mazāks ūdens un mēslojuma daudzums.

Izpētot augu spēju vairoties bezdzimūmvairošanās ceļā, ir radītas augu kultūras. Augu kultūras veicināja augu gēnu inženierijas attīstību.

Pārskats

Dzīve uz Zemes nebūtu iespējama bez vaskulārajiem augiem un it īpaši bez ziedaugiem, kuri pašlaik dominē biosfērā. *Homo sapiens* ir attīstījies reizē ar ziedaugiem un tāpēc nespēj iedomāties, kāda pasaule izskatītos bez tiem. Pirmatnējie cilvēki bija galvenokārt augēdāji – viņi uzturā lietoja pārtiku, ko varēja viegli ievākt, – augļus, riekstus, sēklas, bumbulus, saknes u. c. Augi cilvēkiem deva arī patvērumu skarbos vides apstākļos – spēcīgās lietussgāzēs, karstā pusdienas saulē. Vēlāk civilizācija vairs nevarēja pastāvēt, neattīstot lauksaimniecību. Vairums cilvēku populācijas uz Zemes joprojām uzturā lieto trīs galvenās pārtikas kultūras – kukurūzu, kviešus

un rīsu. Cukurs, kafija, dažādas garšvielas, kokvilna, gumija un tēja ir veicinājuši karus, jo ir bijusi svarīga dažādu valstu ekonomikas sastāvdaļa. Arī modernajā mūsdienu industriālajā sabiedrībā cilvēks joprojām ir atkarīgs no augiem un tos lieto arvien vairāk. Augus izmanto, lai eļļotu virsskaņas lidmašīnu dzinējus, lai ražotu filmām nepieciešamo celulozes acetātu, lai celtu namus. Miljoniem pilsētu iedzīvotāju augi ir galvenais kontakts ar dzīvo dabu. Cilvēki tos audzē ne vien pārtikas vajadzībām un lai celtu mājokļus, bet arī vienkārši to skaistuma dēļ.

Lai gan vairums cilvēku nespēj novērtēt augu nozīmi, tomēr tie mūsdienās

var būt dzīvībai vēl svarīgāki nekā senčiem senajās Āfrikas ciltīs. Pusei mūsdienās ražoto medikamentu ir augu izcelsme. Pasaules lielākās medikamentu ražotājfirmas steidzas ieguldīt milzīgus līdzekļus, lai tropu mūžamežos meklētu, vāktu un pēc tam pārbaudītu augus, ko varētu izmantot jaunu, efektīvu medikamentu ražošanā. Kāpēc tāda steiga? Tāpēc, ka tropu mūžameži var tikt iznīcināti, pirms tiks atklāti efektīvi medikamenti, ar ko cīnīties pret izplatītākajām mūsdienu slimībām – vēzi un AIDS. Savvaļas augi cilvēkiem ne vien palīdz ārstēt slimības, bet tie ir arī gēnu avots, kuri var palīdzēt uzlabot citu augu kvalitāti.

Kopsavilkums

4.1. Paaudžu maiņa ziedaugiem

Ziedaugiem veidojas ziedi, un tiem bieži ir raksturīga mutuālistiskas attiecības ar to apputeksnētājiem dzīvniekiem. Tiem arī veidojas sēklas, ko apņem augļi.

Ziedaugu dzīves ciklā notiek paaudžu maiņa, kas ietver mikrogametofītu un megagametofītu. Megagametofītu sauc par dīglsomu, un tas paliek saistīts ar sporofīta auga organismu.

Tipiskas zieda daļas ir kauslapas, kas parasti ir zaļas un veido zieda ārējo gredzenu; vainaglapas, kas bieži ir spilgtās krāsās un veido iekšējo gredzenu; auglenīca, kas atrodas zieda centrā un sastāv no augļlapām. Auglenīcu veido drīksna, irbulis un sēklotne. Putekšņlapas, kuras sastāv no kāta un putekšņicas, ir piestiprinātas apkārt augļlapu pamatnei. Sēklotnē attīstās sēklaizmetņi.

Katrā sēklaizmetnī attīstās megasporu mātšūna, kas meiotiski dalās, veidojot četras haploidālas megasporas, no kurām viena saglabājas, bet pārējās deģenerējas. Šī megaspora dalās mitotiski, izveidojot megagametofītu (dīglsomu), kam parasti ir astoņi kodoli. Centrālā šūna satur divus polāros kodolus, bet viena no trim šūnām, kas atrodas blakus mikropīlei, ir olšūna.

Putekšņcīnās attīstās mikrosporu mātšūnas. Katra no tām meiotiski dalās, izveidojot četras haploidālas mikrosporas. Katra mikrospora dalās mitotiski, veidojot puteksni, kas satur divas šūnas. Viena ir dīgstobra šūna, bet otra – ģeneratīvā šūna. Ģeneratīvajai šūnai daloties, vēlāk izveidojas divas spermija šūnas. Puteksnis ir mikrogametofīts. Pēc apputeksnēšanās puteksnis dīgst, un, dīgstobram augot cauri drīksnas un irbuļa audiem, spermiji tuvojas dīglsomai. Apputeksnēšanās ir putekšņu nokļūšana no putekšņicas uz drīksnu.

Ziedaugiem raksturīga divkārtšā apaugļošanās. Viena spermija kodols apaugļo olšūnas kodolu, veidojot diploidālu zigotu (2n), bet otra spermija kodols saplūst ar centrālās šūnas polārajiem kodoliem, radot triploidālu endospermas šūnu (3n).

Pēc apaugļošanās endospermas šūna dalās un izveidojas endosperma. Zigota kļūst par sporofīta dīgli. No sēklaizmetņa attīstās sēkla (tā integumenti kļūst par sēklapvalku), bet no sēklotnes veidojas auglis.

4.2. Dīgļa attīstības stadijas

Sēklaizmetnim kļūstot par sēklu, zigota kļūst par dīgli. Pēc pirmās vairākkārtējās dalīšanās var izšķirt dīgli un suspensoru. Ar suspensoru dīgļi piestiprinās sēklaizmetnim un caur to barojas. Divdīgļlapju dīglim vispirms raksturīga sirdsveida forma, bet pēc tam tas kļūst torpēdveida. Tiklīdz dīglim ir pamanāmas dīgļlapas, tam var izšķirt arī dīgļpumpuru un dīglsakni, kuros atrodas apikālās meristēmas. Divdīgļlapju sēklās endosperma bieži vien uzkrājas dīgļlapās.

4.3. Sēklas atrodas auglī

Ziedaugu sēklas apņem augļi. Tie ir dažādi. Vienkārši augļi veidojas no vienas sēklotnes (tā var būt vienkārša vai salikta). Daži vienkāršie augļi ir sulīgi, piemēram, āboli un persiki, bet citi – sausi, piemēram, zirņi, rieksti un graudi. Kopaugļi veidojas no viena zieda daudzām sēklotnēm, bet saauguši augļi – no daudzām atsevišķu ziedu sēklotnēm. Ziedaugi ir dažādi pielāgojušies sēklu izplatīšanai. Sēklas var aizpūst vējš. Tās var pieķerties dzīvnieku kažokam vai putnu spalvām, dzīvnieki tās var apēst un izvadīt ar izkārnījumiem, kā arī tās var pārvietoties pa ūdeni.

Pirms dīgšanas pupiņas (divdīgļlapis) sēklai var izšķirt divas dīgļlapas, dīgļpumpuru, epikotilu, hipokotilu un dīglsakni. Kukurūzas (viendīgļlapis) sēklai ir saskatāma endosperma, dīgļlapa, dīgļpumpurs un dīglsakne.

4.4. Augu bezdzimumvairošanās

Daudzi ziedaugi vairojas bezdzimumvairošanās ceļā, piemēram, no stumbru (virszemes vai pazemes) mezglu vietām attīstoties jauniem augiem vai arī saknēm dzenot atvases.

Hidroponika un novērojumi, ka augu šūnas var būt totipotentas, lika pamatus audu kultūru metodei – tehnoloģijai, kas mūsdienās gūst plašu pielietojumu.

Mikropavairošana – klonētu augu iegūšana ar meristēmu kultūrām – mūsdienās ir kļuvusi par komerciālu metodi. Ziedu meristēmu kultūru rezultātā var iegūt somatiskos dīgļus, ko, ietverot gelā, var transportēt ļoti tālu. Ar putekšņicu kultūrām var iegūt homozigotiskus augus, kuriem nav recesīvo gēnu. Lapu, stumbru un sakņu kultūras dod iespēju iegūt šūnu suspensijas, kas lielās tvertnēs spēj ražot vielas, kuras sintezē šīs augu daļas.

Augiem attīstoties no protoplastiem, veidojas somaklonālie hibrīdi – izejmateriāls jaunu varietāšu selekcijai.

Protoplasti dod iespēju audu kultūrās veikt gēnu inženieriju. *Agrobacterium* vai daļiņu lielpabala metodes dod iespēju ievadīt augu šūnās svešus gēnus, kas pēc tam attīstās pieaugušos augos, piešķirot tiem noteiktas īpašības.

Pārbaudiet sevi

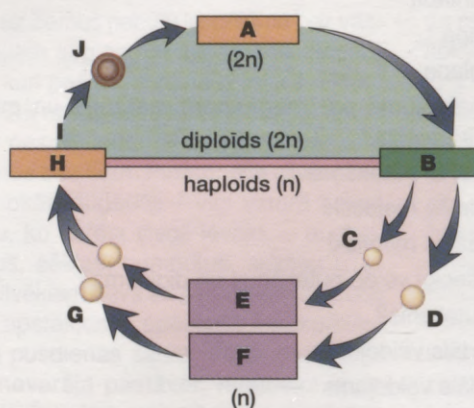
- Nosaučiet divas unikālas pazīmes, kas ir saistītas ar ziedaugu vairošanos! 60. lpp.
- Uzzīmējiet zieda uzbūves shēmu un nosaučiet tā daļas! 61. lpp.
- Uzzīmējiet diagrammu, kurā attēlots ziedaugu dzīves cikls! Kāpēc ziedaugu apputeksnēšanai nav nepieciešama ūdens vide? 62.–63. lpp.
- Raksturojiet megagametofītu attīstību no megasporas mātšūnas līdz olšūnas izveidošanās brīdim! 62.–63. lpp.
- Raksturojiet mikrogametofīta attīstību no mikrosporas mātšūnas līdz spermiju izveidošanās brīdim! 62.–63. lpp.
- Kāda ir atšķirība starp apputeksnēšanos un apaugļošanas? 66. lpp.
- Secīgi raksturojiet procesus, kādos no divdīgļlapja zigotas izveidojas sēklā ieslēgts dīgļis! 67. lpp.
- Ar ko vienkārši sulīgi augļi atšķiras no vienkāršiem sausiem augļiem? Miniet katra augļu veida piemēru! Kas ir kopauglis? Kas ir saaudzis auglis? 68.–69. lpp.
- Nosaučiet dažādus sēklu un augļu izplatīšanās mehānismus! Ar ko pupiņas sēklas dīgšana atšķiras no kukurūzas sēklas dīgšanas? 70.–71. lpp.
- Kādā veidā augi parasti vairojas bezdzimumvairošanās ceļā? Kāda ir totipotences nozīme audu kultūrās? 74. lpp.
- Kāda ir meristēmu kultūru nozīme augu mikropavairošanā? Kāda ir ziedu meristēmu kultūru nozīme somatisko dīgļu veidošanā? Kāda ir putekšņīcu kultūru nozīme homozigotisko augu veidošanā? Kāda ir lapu, stuburu un sakņu kultūru nozīme šūnu suspensiju kultūrās? Kāda ir protoplastu nozīme audu kultūrās? 74.–75. lpp.
- Kā tiek iegūti transgēnie augi? Kāda veida augi jau ir izaudzēti, izmantojot gēnu inženieriju? Kādiem mērķiem tie ir radīti? 76.–77. lpp.

Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

- Kurš apgalvojums par augiem ir pareizs?
 - Gametas kļūst par gametofīta paaudzi
 - Sporas kļūst par sporofīta paaudzi
 - Sporofīti veido sporas
 - Gan A, gan B ir pareizā atbilde
- Kā sauc zieda daļu, kurā atrodas sēklaizmetņi?
 - Augļlapa
 - Putekšņlapa
 - Kauslapa
 - Vainaglapa
- Kurš apgalvojums par megasporu mātšūnu un mikrosporu mātšūnu ir pareizs?
 - Abas veido putekšņus
 - Abas dalās meiotiski
 - Abas dalās mitotiski
 - Tās attiecīgi veido putekšņus un dīgļsomas
- Kāds ir puteksnis?
 - Haploidāls veidojums
 - Diploidāls veidojums
 - Vispirms diploidāls, pēc tam haploidāls veidojums
 - Vispirms haploidāls, pēc tam diploidāls veidojums
- Kurš sakarību pāris **nav** pareizs?
 - Polārie kodoli – dīgļpumpurs
 - Olšūna un spermiji – zigota
 - Sēklaizmetnis – sēkla
 - Sēklotne – auglis
- Kurš no nosauktajiem **nav** auglis?
 - Valrieksts
 - Zirnis
 - Zaļās pupiņas pāksts
 - Persiks
- Kurā no nosauktajiem procesiem piedalās dzīvnieki?
 - Gan apputeksnēšanā, gan sēklu izplatīšanā
 - Tikai apputeksnēšanā
 - Tikai sēklu izplatīšanā
 - Tikai augu bezdzimumvairošanās procesā
- Ko satur sēkla?
 - Zigotu
 - Dīgļi
 - Rezerves barības vielas
 - Gan B, gan C ir pareizā atbilde
- Kurš sakarību pāris **nav** pareizs?
 - Dīgļpumpurs – lapas
 - Dīgļlapa – sēklas lapa
 - Epikotils – sakne
 - Perikarps – kukurūzas grauds
- Kas no dotā vislabāk pierāda, ka augu šūnas ir totipotentas?
 - Dzinumu apikālās meristēmas kultūras mikropavairošanai
 - Ziedu meristēmu kultūras somatisko dīgļu iegūšanai
 - Lapu, stuburu un sakņu kultūras šūnu suspensiju kultūrām
 - Protoplastu kultūras augu gēnu inženierijai

11. Atrodiet ziedaugu paaudžu maiņas diagrammā burtiem atbilstošos nosaukumus!



Papildjautājumi

1. *Dzīvajām būtnēm ir vairošanās stratēģija.*
Kāda ir ziedaugu vairošanās stratēģija?
2. *Dzīvajām būtnēm ir dzīves cikls, kas veicina sugas izdzīvošanu.*
Kā ziedaugu dzīves cikls palielina gametofīta un sporofīta izdzīvošanas iespēju?
3. *Koevolūcija palielina abu partneru piemērotību.*
Kā augu un to apputeksnētāju koevolūcija palielina apputeksnētāju piemērotību?

Multimediju izmantošana

Tēmu par augu vairošanos apgūt palīdzēs šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums apgūt palīdzēs Maderas mājas lapa.

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)

Jēdzienu izpratne

Apaugļošanās 66. lpp.	Megagametofīts 63. lpp.
Apputeksnēšanās 66. lpp.	Megaspora 60. lpp.
Auglis 68. lpp.	Megasporas mātšūna 63. lpp.
Auglīnīca 61. lpp.	Mikrogametofīts 63. lpp.
Augļlapa 61. lpp.	Mikrospora 60. lpp.
Audu kultūras 74. lpp.	Mikrosporas mātšūna 63. lpp.
Dīgļis 66. lpp.	Protoplasts 76. lpp.
Dīgļlapa 67. lpp.	Putekšņkāts 61. lpp.
Dīgļpumpurs 71. lpp.	Putekšnīca 61. lpp.
Dīgļsoma 63. lpp.	Putekšnis 63. lpp.
Dīgšana 70. lpp.	Putekšņlapa 61. lpp.
Divkārsā apaugļošanās 66. lpp.	Sēkla 68. lpp.
Driksna 61. lpp.	Sēklaizmetnis 61. lpp.
Endosperma 66. lpp.	Sēklotne 61. lpp.
Gametofīts 60. lpp.	Sporofīts 60. lpp.
Hibridizācija 74. lpp.	Totipotents 74. lpp.
Kauslapa 60. lpp.	Vainaglapa 60. lpp.
Koevolūcija 64. lpp.	Zieds 60. lpp.

Sameklējiet definīcijām atbilstošus jēdzienus!

- A. _____ – zieda daļa, kas sastāv no sēklotnes, irbuļa un driksnas.
- B. _____ – ziedauga struktūra, kas sastāv no vienas vai vairākām nobriedušām sēklotnēm, kuras parasti satur sēklas.
- C. _____ – ziedaugos – auglīnīcas reproductīvā vienība, kas sastāv no 3 daļām – driksnas, irbuļa un sēklotnes.
- D. _____ – ziedaugos – dīgļa daļa, kurā atrodas dzinuma augšanas konuss.
- E. _____ – ziedaugiem – putekšņu nokļūšana no putekšnīcas uz driksnu.
- F. _____ – sēklaugiem – gametofīts, kam veidojas olšūna; ziedaugiem – dīgļsoma.
- G. _____ – nobriedis sēklaizmetnis, kurš sastāv no dīgļa, rezerves barības vielām un aizsargapvalka.
- H. _____ – sēklaugu mikrogametofīts.
- I. _____ – ziedaugu reproductīvais orgāns, kas sastāv no dažādu tipu lapu pārveidnēm, kuras sakārtotas koncentriskos gredzenos pie stumbra pārveidnes, ko sauc par ziedgultni.
- J. _____ – ziedaugu sēklā dīgļa lapa; apgādā jauno augu ar barības vielām, kamēr tas sāk fotosintezēt.

Ieteicamā papildliteratūra I daļai

- Bazzaz, F. A., and Fajer, E. D. January 1992. Plant life in a CO₂-rich world. *Scientific American* 266(1):68. Experiments with plants grown in a CO₂-enriched atmosphere show that the risks to ecosystems outweigh the gains in productivity.
- Chrispeels, M., and Sandava, D. 1994. *Plants, genes and agriculture*. Boston: Jones and Bartlett Publishers. Teaches plant biology in an agricultural context.
- Cox, P. A. October 1993. Water-pollinated plants. *Scientific American* 269(4):68. Some flowering aquatic species provide evidence for evolutionary convergence toward efficient pollination strategies.
- Cox, P. A., and Balick, M. J. June 1994. The ethnobotanical approach to drug discovery. *Scientific American* 270(6):82. Many rain forest plants are used by indigenous cultures for medicinal purposes; these flora should be screened for pharmaceutical compounds.
- Govindjee, and Coleman, W. J. February 1990. How plants make oxygen. *Scientific American* 262(2):50. Discusses the mechanism that enables plants and some bacteria to make oxygen.
- Lea, P., and Leegood, R. 1993. *Plant biochemistry and molecular biology*. Chichester, England: John Wiley & Sons. Gives an overview of plant metabolism.
- Lewington, A. 1990. *Plants for people*. New York: Oxford University Press. This is a full-color account of the ways in which people make use of plant products.
- Luoma, J. R. March 1997. The magic of paper. *National Geographic* 191(3):88. The paper-making process is discussed in this article.
- Mauseth, J. 1995. *Botany: An introduction to plant biology*. 2d ed. Philadelphia: Saunders College Publishing. Emphasizes evolution and diversity in botany and general principles of plant physiology and anatomy.
- Meyerowitz, E. M. November 1994. The genetics of flower development. *Scientific American* 271(5):56. Shows how flower design is determined by genetic signals.
- Moore, R., and Clark, W. D. 1995. *Botany, plant form & function*. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers. This is a comprehensive discussion of general botany that captures the excitement of new developments.
- Niklas, K. 1992. *Plant biomechanics*. Chicago: The University of Chicago Press. The book explores how plants function, grow, reproduce, and evolve within limits set by their physical environment.
- Northington, D., and Goodin, J. R. 1996. *The botanical world*. 2d ed. St. Louis: Times-Mirror/Mosby College Publishing. This is an account of plant interactions and basic physiology.
- Raven, P., et al. 1992. *Biology of plants*. 5th ed. New York: Worth Publishers. Written for the undergraduate, this book covers viruses, bacteria, photosynthetic protists, fungi, and plants.
- Redington, C. 1994. *Plants in wetlands*. Dubuque, Iowa: Kendall / Hunt Publishing Company. Explains how specific plants interact within the wetlands ecosystem.
- Salisbury, F., and Ross, C. 1992. *Plant physiology*. 4th ed. Belmont, Calif.: Wadsworth Publishers. This text for botany majors emphasizes seed plant physiology.
- Seymour, R. S. March 1997. Plants that warm themselves. *Scientific American* 276(3):104. Some plants generate heat to keep blossoms at a constant temperature.
- Steeves, T., and Sussex, I. 1990. *Patterns in plant development*. 2d ed. Cambridge: Cambridge University Press. Details plant development, from embryo through secondary growth.
- Stern, K. 1994. 6th ed. *Introductory plant biology*. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers. Presents basic botany in a clear, informative manner.
- Stryer, L. 1995. *Biochemistry*. 4th ed. New York: W. H. Freeman and Company. Chapter 22 of this text presents an advanced but understandable treatment of photosynthesis.
- Taiz, L., and Zeiger, E. 1991. *Plant physiology*. Redwood City, Calif.: The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Presents the dynamic processes of growth, metabolism, and reproduction in plants.
- Tedeschi, H. 1993. *Cell physiology*. 2d ed. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers. This text emphasizes the need to study original articles as the physiology of the cell is studied from the perspective of the cell as an energy converter.

I I

D A Ļ A

Dzīvnieku uzbūve un funkcijas

5. Dzīvnieku uzbūve un homeostāze
6. Asinsrite
7. Limfātiskā sistēma un imunitāte
8. Barība un tās sagremošana
9. Elpošana
10. Osmotiskā spiediena regulācija un vielu izvadīšana
11. Neironi un nervu sistēma
12. Maņu orgāni
13. Balsta sistēma un kustības
14. Hormoni un endokrīnā sistēma
15. Vairošanās
16. Attīstība

Dzīvnieki atšķirībā no augiem ir heterotrofi organismi. Pateicoties nervu un muskuļu šķiedru darbībai, dzīvnieki ir kustīgi un spēj aktīvi meklēt barību. Apēstā barība tiek sagremota, un katra šūna saņem uzņemtās barības vielas, bet vielmaiņas atkritumprodukti tiek izvadīti laukā.

Tiks aplūkots, kā šīs funkcijas realizējas dažādas sarežģītības pakāpes organismos. Gēni kodē vides prasībām atbilstošas anatomiskas un fizioloģiskas pazīmes. Evolūcijas procesā šīs pazīmes pārmainās. Pielāgojoties gan nedzīvajai (abiotiskajai), gan dzīvajai (biotiskajai) videi, rodas sarežģītas dzīvības formas.

Šajā daļā tiks aplūkota dažādu dzīvnieku izcelšanās un raksturota galveno dzīvnieku tipu evolūcija. Šī daļa iepazīstinās ar dažādiem pielāgojumiem, kuri ļauj dzīvniekiem izmantot resursus, uzņemt enerģiju, aizsargāties un vairoties.

Dzīvnieku uzbūve un homeostāze

5. NODAĻA

Nodaļas saturs

5.1. Dzīvniekiem ir noteikta uzbūve

- Dzīvniekiem ir šādi organizācijas līmeņi: molekulas – šūnas – audi – orgāni – orgānu sistēmas – organisms. 84. lpp.
- Dzīvniekiem ir četras audu pamatgrupas: epitēlijaudi, saistaudi, muskuļaudi un nervaudi. 84. lpp.
- Epitēlijaudi pārklāj ķermeni no ārpusē un izklāj ķermeņa dobumus. Epitēlijaudiem ir atšķirīga forma un funkcijas. 84. lpp.
- Saistaudi aizsargā, balsta un saista savā starpā citus audus. Pie saistaudiem pieder skrimšļi, kauli un vienīgie šķidrīgie audi – asinis. 86. lpp.
- Muskuļaudi spēj kontrahēties un nodrošināt ķermeņa un to daļu kustības. 88. lpp.
- Nervaudi pārvada impulsus un saskaņo organisma darbību. 89. lpp.

5.2. Orgāniem ir noteikta uzbūve un funkcijas

- Orgāni parasti sastāv no vairāku veidu audiem. Ādā galvenokārt ir epitēlijaudi un saistaudi, kā arī nervu un muskuļu šķiedras. 90. lpp.
- Orgāni ir apvienoti orgānu sistēmās. Katrai orgānu sistēmai ir noteiktas funkcijas. 92. lpp.
- Celoms parādās dzīvnieku attīstības gaitā. Vēlāk tas sadalās dobumos, kuros atrodas iekšējie orgāni. 92. lpp.

5.3. Homeostāze ir nepieciešama

- Homeostāze ir organisma iekšējās vides relatīvā pastāvība. To palīdz nodrošināt visas dzīvnieka orgānu sistēmas. 94. lpp.



Katas lemūri (*Lemur catta*)

Visi dzīvnieki ir daudzšūnu organismi. Viņu šūnas spēj darboties, pateicoties vielu apmaiņai ar apkārtējo vidi. Pastāvot relatīvi stabilajai iekšējai videi jeb homeostāzei, šūnas var normāli darboties pat tad, kad vides apstākļi ārpus organisma ir mainīgi. Dzīvniekiem ir orgānu sistēmas, piemēram, gremošanas un asinsrites orgānu sistēma, kas šūnas apgādā ar to darbībai nepieciešamajām vielām. Orgānu sistēmas sastāv no orgāniem, bet orgāni ir veidoti no audiem. Viena veida audu šūnas ir līdzīgas. Šajā nodaļā šie organizācijas līmeņi tiks aplūkoti sīkāk. Nodaļā tiks aplūkoti dažādi audi, kas sastopami tādos sarežģītos uzbūves dzīvniekos kā attēlā redzamais lemūrs. Tiks apskatīti gan atsevišķi orgāni, gan orgānu sistēmas un to funkcijas.

Homeostāzi palīdz nodrošināt atgriezeniskās saites kontroles mehānismi, kurus regulē nervu sistēma un endokrīnā sistēma. Apgūstot dzīvnieku uzbūvi un funkcijas, homeostāzei tiks pievērsta īpaša uzmanība. Tas palīdzēs labāk izprast dzīvnieku pielāgojumus videi. Lemūri ir pielāgojušies dzīvei uz zemes un kokos. Viņi barojas galvenokārt ar augļiem un koku lapām.

5.1. Dzīvniekiem ir noteikta uzbūve

Dzīvniekiem, tāpat kā citiem dzīvajiem organismiem, ir noteikta uzbūve. Dažiem dzīvniekiem, piemēram, sūkļiem, šūnas nav sakārtotas kārtās, bet citiem, piemēram, zarndobumaiņiem, tās ir sakārtotas divās kārtās, kas veidojušās no divām dīgļlapām. Vairākumam dzīvnieku ir trīs dīgļlapas: ektoderma, mezoderma un entoderma. Dīgļlapas veidojas attīstības laikā. Mugurkaulniekiem tās pārvēršas par struktūrām, kuras ir raksturotas tabulā.

Embrionālā dīgļlapa	Pieaugušu mugurkaulnieku struktūra
Ektoderma (ārējā dīgļlapa)	Ādas epiderma; mutes un resnās zarnas gļotāda; nervu sistēma
Mezoderma (vidējā dīgļlapa)	Skelets; muskuļi; istā āda jeb derma; asinsrites sistēma; izvadorgānu sistēma; dzimumorgānu sistēma; elpošanas un gremošanas orgānu sistēmas ārējā kārtā
Entoderma (iekšējā kārtā)	Elpceļu un gremošanas trakta epitēlijaudi; gremošanas dziedzeri; urīnpūšļa epitēlijaudi

Pēc iepazīšanās ar audu līmeni ir jāaplūko orgānu un orgānu sistēmu līmenis. Audi ir uzbūves ziņā līdzīgu šūnu grupas, kuras veic līdzīgas funkcijas. Orgāni sastāv no dažāda veida audiem, bet vairāki orgāni apvienojas orgānu sistēmā. Organisms ir veidots no orgānu sistēmām (5.1. att.).

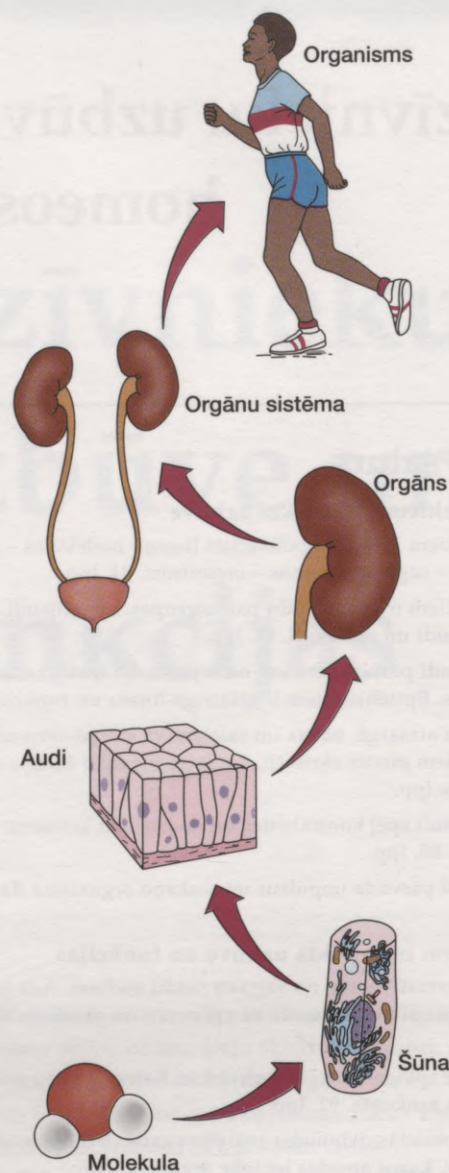
Orgānu sistēmas uzbūve un funkcijas ir atkarīgas no sistēmu veidojošo audu un šūnu uzbūves un funkcijām. Piemēram, tievo zarnu epitēlija šūnām, kuras absorbē barības vielas, ir mikrobārktīņas. Tās ievērojami palielina virsmu, caur kuru notiek absorbcija. Skeleta muskuļu šūnas ir cilindriskas. Tajās atrodas kontraktēties spējīgas struktūras, kas saīsina muskuļi. Nervu šūnām ir gari, zaroti izaugumi, kas nogādā impulsus uz visām ķermeņa daļām.

Epitēlijaudi pārklāj ķermeni un izklāj dobumus

Mugurkaulniekiem ir četras audu pamatgrupas. **Epitēlijaudi** pārklāj ķermeņa virsmu un izklāj dobumus. **Saistaudi** savieno un balsta ķermeņa daļas. **Muskuļaudi** rada ķermeņa daļu kustības. **Nervaudi** atbild uz kairinājumu un pārvada impulsus no vienas ķermeņa daļas uz citu.

Epitēlijaudi jeb epitēlijs (gr. *epi* – virs un lat. *theca* – ietvars, tvertne) pārklāj visu ķermeni, izklāj dobumus un veido dziedzerus. Epitēlija virskārta ir vērsta pret ārvidi vai ķermeņa dobumu, bet apakškārta ir saistīta ar pamatmembrānu – plānu starpšūnu veidojumu.

Epitēlijaudu šūnām ir dažāda forma. Izšķir trīs epitēlijaudu veidus. **Zvīņveida epitēliju** veido plakanas šūnas, **kubisko epitēliju** – kubveida šūnas, **stabiņepitēliju** – pagarinātas stabveida šūnas. 5.2. attēlā ir parādīta mugurkaul-

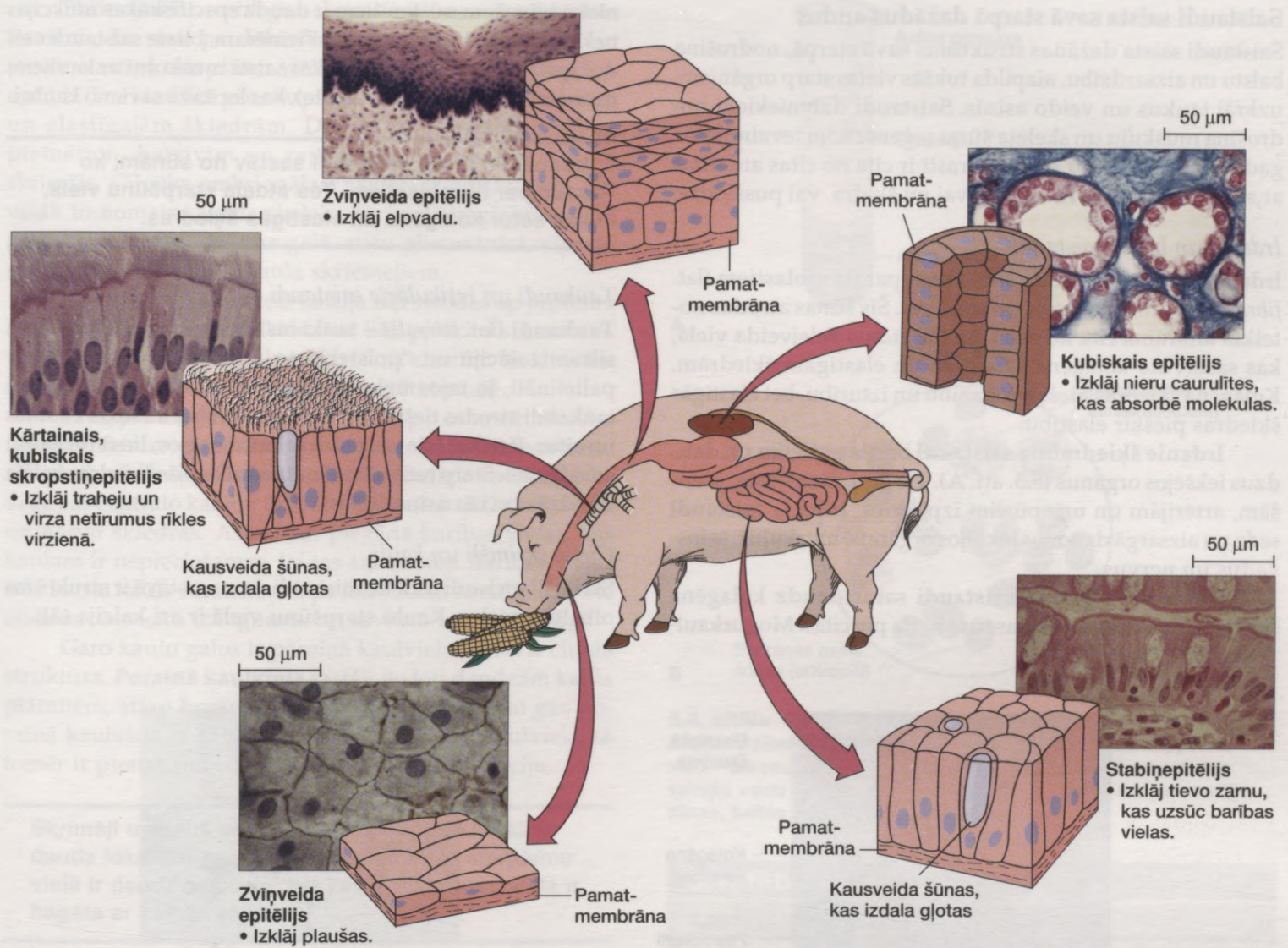


5.1. attēls. Organizācijas līmeņi

Molekulas veido šūnas, šūnas – audus, audi – orgānus, orgāni – orgānu sistēmas, no kurām sastāv organisms.

nieku epitēlija uzbūve un funkcijas. Epitēlijs var būt vienkārtains un daudzkārtains. Vienkārtainajam epitēlijam ir viena šūnu kārtā, bet daudzkārtainajam epitēlijam ir vairākas šūnu kārtas, kas atrodas cita uz citas. Ir arī epitēlijs, kurš tikai izskatās daudzkārtains, bet patiesībā katra šūna balstās uz pamatmembrānas.

Epitēlijaudiem ir dažādas funkcijas. Daļai epitēlijšūnu ir matveida izaugumi, ko sauc par skropstiņām. Tās virza vielu daļiņas noteiktā virzienā. Cilvēka elpceļu epitēlija skropstiņas virza netīrumus uz rikli un neļauj tiem iekļūt plaušās. Daļa epitēlijšūnu izdala vielas. Tās sauc par dziedzerēpitēlija šūnām, jo tās veido dziedzerus. Izšķir viensūnas un daudzšūnu dziedzerus. Viensūnas dziedzeri ir, piemēram, kausveida dziedzeršūnas cilvēka tievās zarnas sienā, kas izdala gļotas. Daudzšūnu dziedzeri ir,



5.2. attēls. Mugurkaulniekiem raksturīgie epitēlijaudu veidi

Epitēlijaudus klasificē pēc to šūnu formas atkarībā no tā, vai tie ir īsti vai neīsti, kā arī pēc tā, vai tiem ir vai nav skropstiņas. Epitēlijaudiem ir aizsargfunkcija, sekrēcijas un absorbcijas funkcija.

piemēram, lieli siekalu dziedzeri. Ir ārējās sekrēcijas dziedzeri, kas izdala vielas uz ķermeņa virsmas vai dobumos, un endokrīnie dziedzeri jeb iekšējās sekrēcijas dziedzeri, kas vielas izdala tieši asinīs.

Vairākumam dzīvnieku epitēlijs veido ārējo kārtu. Slieku un gliemju epitēlijā ir daudz dziedzeru, kas ražo gļotas. Tās palīdz pārvietoties sausā vidē. Veltņtārpiem un posmkājiem ārējā nedzīvā kutikula, kas tos aizsargā, arī ir veidota no epitēlija. Sauszemes mugurkaulnieku ādas šūnās ir keratīns – viela, kas aizsargā ādu no iespējamā ūdens zuduma.

Epitēlijaudu šūnas ir novietotas cieši cita pie citas. Savā starpā tās var būt saistītas trijos veidos: ar ciešajiem savienojumiem, ar desmosomām vai ar spraugu savienojumiem. Ciešajos savienojumos šūnu plazmatisko membrānu proteīni

iespiežas blakusšūnās un cieši saista tās savā starpā. Šāds epitēlijs atrodas dobumos. Greimošanas sulas nespēj izkļūt tam cauri. Desmosomu savienojuma gadījumā blakusesošo šūnu citoskeleta elementi saista šūnu iekšienē esošās plāksnes savā starpā. Pateicoties desmosomām, āda ir elastīga un spēj izturēt mehānisko iedarbību. Spraugu savienojumi veidojas, ar kanāliem savienojoties divām vienādām plazmatiskajām membrānām. Tie ļauj nokļūt no vienas šūnas citā gan joniem, gan nelielām molekulām.

Epitēlijaudus klasificē pēc to šūnu formas. Epitēlijaudu šūnas var būt vienā vai vairākās kārtās. Epitēlijaudu šūnas var būt ar skropstiņām, kā arī dziedzerveida.

Saistaudi saista savā starpā dažādus audus

Saistaudi saista dažādas struktūras savā starpā, nodrošina balstu un aizsardzību, aizpilda tukšās vietas starp orgāniem, uzkrāj taukus un veido asinis. Saistaudi dzīvniekiem nodrošina muskuļu un skeleta šūnu reģenerāciju ievainojuma gadījumā. Saistaudu šūnas parasti ir cita no citas atdalītas ar starpšūnu vielu. Tā var būt vai nu šķidra, vai pusšķidra.

Irdenie un blīvie saistaudi

Irdeno un blīvo saistaudu šūnas sauc par **fibroblastiem** (lat. *fibra* – šķiedra, gr. *blastos* – pumpurs). Šīs šūnas atrodas noteiktā attālumā cita no citas, un tās atdala želejveida viela, kas sastāv no kolagēna šķiedrām un elastīgām šķiedrām. Kolagēna šķiedras piešķir lokanību un izturību, bet elastīgās šķiedras piešķir elastību.

Irdenie šķiedrainie saistaudi balsta epitēliju un daudzus iekšējos orgānus (5.3. att. A). Tie ļauj, piemēram, plaušām, artērijām un urīnpūslim izplesties. Irdenie saistaudi sedz un aizsargā daudzus iekšējos orgānus, muskuļus, asinsvadus un nervus.

Blīvie šķiedrainie saistaudi satur daudz kolagēna šķiedru, un to šūnas atrodas tuvāk cita pie citas. Mugurkaul-

nieku blīvajiem saistaudiem ir daudz specifiskākas funkcijas nekā irdenajiem saistaudiem. Piemēram, blīvie saistaudi veido **cīpslas** (lat. *tendo* – spēks), kas saista muskuļus ar kauliem, un **saites** (lat. *ligamentum* – saite), kas locītavā savieno kaulus.

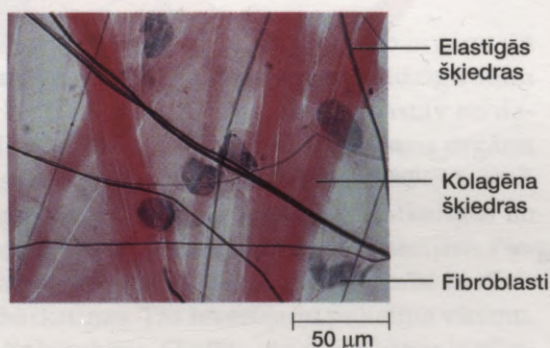
Irdenie un blīvie saistaudi sastāv no šūnām, ko sauc par fibroblastiem. Tos atdala starpšūnu viela, kas satur kolagēnu un elastīgās šķiedras.

Taukaudi un retikulārie saistaudi

Taukaudi (lat. *adipalis* – taukains) nodrošina organismam siltumizolāciju un "polsterē" to. Taukaudu fibroblasti ir palielināti, jo tajos uzkrājas tauki (5.3. att. B). Zīdītājiem taukaudi atrodas tieši zem ādas, ap zarnām, uz sirds virsmas un citur. **Retikulārie** saistaudi ir limfmezglos, liesā un kaulu smadzenēs. Starp retikulārajām šūnām esošās šķiedras balsta daudzās brīvās asins šūnas.

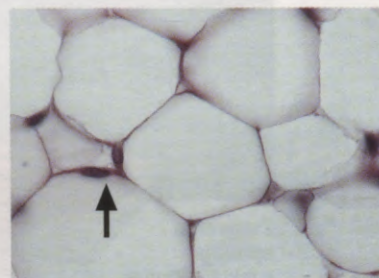
Cietie skrimšļi un kauli

Skrimšļi un kauli ir cietie saistaudi, kuru sastāvā ir struktūras olbaltumvielas. Kaulu starpšūnu vielā ir arī kalcija sāļi.



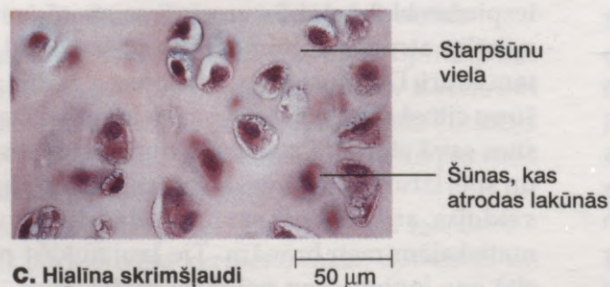
A. Irdenie šķiedrainie saistaudi

- Starp to šūnām ir atstarpes.
- Atrodas zem ādas un dažādu orgānu epitēlijā.
- Balsta un aizsargā orgānus.



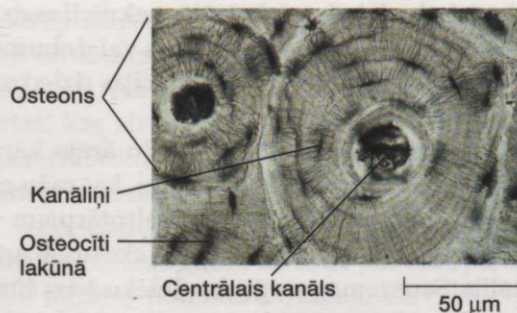
B. Taukaudi

- Šūnas ir pildītas ar taukiem.
- Atrodas zem ādas un ap iekšējiem orgāniem.
- Ir siltumizolators un tauku rezerve.



C. Hialīna skrimšļaudi

- Šūnas atrodas lakūnās.
- Ir degunā, elpceļu sienās, kaulu (arī ribu) galos.
- Balsta un aizsargā orgānus.



D. Blīvie kaulaudi

- Šūnas ir novietotas koncentriskos apļos.
- Veido skeleta kaulus.
- Balsta un aizsargā orgānus.

5.3. attēls. Saistaudu piemēri

A. Irdenajos šķiedrainajos saistaudos fibroblastus atdala želejveida starpšūnu viela, kurā ir šķiedras. **B.** Taukaudu šūnas ir pildītas ar taukiem. Šūnu kodoli (sk. bultiņu) ir novirzīti vienā pusē. **C.** Hialīna skrimšļaudu elastīgā starpšūnu viela ir bieza. **D.** Cietajos kaulaudos osteociti starpšūnu vielā ir izvietoti koncentriskos apļos un veido garenus cilindrus, ko sauc par osteoniem. Centrālajā kanālā atrodas asinsvadi un nervu šķiedras.

Skrimšļa (lat. *cartilago* – skrimslis) šūnas atrodas sīkās kamerās, ko sauc par lakūnām. Starp tām ir izturīga, bet tomēr elastīga starpšūnu viela (5.3. att. C). Skrimšļaudi ir dažādi. Tos klasificē pēc starpšūnu vielā esošajām kolagēna un elastīgajām šķiedrām. Dažiem mugurkaulniekiem, piemēram, haizivīm un rajām, skelets sastāv tikai no skrimšļa. Cilvēka embrionālais skelets ir no skrimšļa, bet vēlāk to nomaina kaula skelets. Skrimslis saglabājas tikai garo kaulu galos, deguna galā, ausu gliemežnīcā, elpceļu sienās un starp mugurkaula skriemeļiem.

Kaulu starpšūnu vielā kalcija sāļi atrodas ap proteīnu (galvenokārt kolagēna) šķiedrām. Sāļi piešķir kaulam stingrību, bet organiskās vielas nodrošina elastību un izturību līdzīgi kā metāla stieņi, kas iecementēti betonā.

Cietajos kaulaudos kaula šūnas jeb osteocīti atrodas lakūnās un ir izvietoti koncentriskos apļos, kas veido osteonu (Haversa sistēmu). Osteona centrā ir neliela caurulīte, ko sauc par centrālo kanālu (5.3. att. D). Tajā atrodas asinsvadi un nervu šķiedras. Asinsvadi piegādā barības vielas, kas kaulam ir nepieciešamas, lai tas atjaunotos. Barības vielas līdz katrai kaula šūnai nonāk pa ļoti sīkiem kanāliņiem. Tie atrodas osteocītu izaugumos un savieno tos savā starpā.

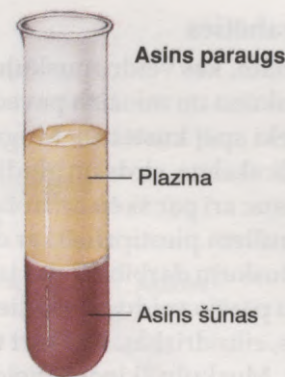
Garos kaulu galos ir porainā kaulviela, kurai ir citāda struktūra. **Porainā kaulviela** sastāv no ļoti daudzām kaula plātnītēm, starp kurām ir neregulāri tukšumi. Lai gan porainā kaulviela ir daudz vieglāka nekā blīvā kaulviela, tā tomēr ir pietiekami izturīga. Tā veic balsta funkciju.

Skrimšļi un kauli veic balsta funkciju. Skrimšļi ir daudz lokanāki par kauliem, tāpēc ka to starpšūnu vielā ir daudz proteīnu, bet kaulu starpšūnu viela ir bagāta ar kalcija sāļiem.

Asinis ir šķidrie saistaudi

Asinīm ir transporta, regulācijas un aizsargfunkcijas. Asinis piegādā šūnām barības vielas un skābekli, bet aizvada no tām ogļskābo gāzi un citas atkritumvielas. Asinis palīdz vienmērīgi sadalīt organismā siltumu. Tās piedalās šķidrums un dzelzs daudzuma regulācijā un nodrošina vides reakcijas (pH) līdzsvaru. Asinis ir saistaudi, kuros šūnas citu no citas atdala šķidrums, ko sauc par plazmu (5.1. tab.). Mugurkaulniekiem ir divu veidu asins šūnas: sarkanās asins šūnas jeb eritrocīti, kas pārnēsā skābekli, un baltās asins šūnas jeb leukocīti, kas cīnās ar infekcijām (5.4. att.). Plazmā ir arī asins plātnītes jeb trombocīti, kam ir liela nozīme asins sarecēšanā. Plātnītes nav asins šūnas, bet gan kaula smadzenēs esošu gigantisku šūnu fragmenti.

Asiņu starpšūnu viela (plazma) atšķirībā no citu saistaudu starpšūnu vielas nav veidojusies no šūnām. Plazma



A



B

5.4. attēls. Asinis – šķidrie saistaudi

A. Asinis pieder pie saistaudiem. Asins šūnas atdala starpšūnu viela – plazma. Plazma ir asiņu šķidrā sastāvdaļa, kurā atrodas vairāku veidu asins šūnas. **B.** Asins sastāvdaļas – sarkanās asins šūnas, baltās asins šūnas un asins plātnītes.

5.1. tabula

Asins plazma

Ūdens	92 %
Izšķīdušās vielas	8 %
Sāļi	Na ⁺ , Ca ²⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻
Gāzes	O ₂ , CO ₂
Plazmas proteīni	Albumīni, globulīni, fibrinogēns
Citas organiskās vielas	Glikoze, tauki, fosfolipīdi, aminoskābes u. c.
Slāpekļa atkritumprodukti	Urīnviela, amonijs, urīnskābe
Regulētāji	Hormoni, enzīmi (fermenti)

ir dažādu vielu molekulu maisījums. Vielu molekulas asinīm pievienojas dažādās organisma vietās.

Asinis ir saistaudi, kuru starpšūnu viela ir plazma.

Muskuļaudi spēj kontrahēties

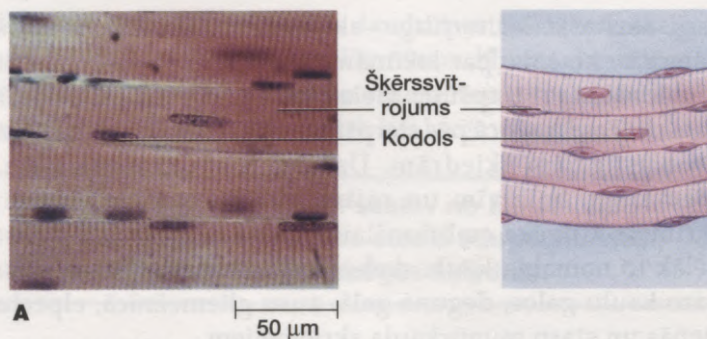
Muskuļaudi sastāv no šūnām, kas veido muskuļu šķiedras. Katrā muskuļu šķiedrā ir aktīna un miozīna pavedieni, kuru mijiedarbības dēļ dzīvnieki spēj kustēties. Mugurkaulniekiem ir triju veidu muskuļi: skeleta, sirds un gludie muskuļi.

Skeleta muskuļus sauc arī par šķērsvītrotajiem muskuļiem. Tie pie skeleta kauliem piestiprināti ar cīpslām un kustina ķermeņa daļas. Muskuļu darbība ir pakļauta gribai. Tie darbojas ātrāk par abu pārējo veidu muskuļiem. Skeleta muskuļu šķiedras ir garas, cilindriskas. Dažkārt tās stiepijas pat visa muskuļa garumā. Muskuļu šķiedras veidojas organisma attīstības laikā, saplūstot vairākām šūnām. Rezultātā izveidojas šķiedra, kurā ir daudzi kodoli. Tie ir novietoti tieši zem plazmatiskās membrānas. Skeleta muskuļu šķiedras ir šķērsvītrotas (lat. *stria* – svītra). Visas šķiedras garumā perpendikulāri tās malai atrodas gaišas un tumšas joslas. Šīs joslas veido šūnās esošie aktīna un miozīna pavedieni (5.5. att. A).

Sirds muskuļi atrodas vienīgi sirds sienās. Tie darbina sirdi un sūknē asinis. Sirds muskuļiem ir gan šķērsvītroti, gan gludo muskuļu pazīmes (5.5. att. B). Sirds muskuļu šķiedras, tāpat kā skeleta muskuļu šķiedras, ir šķērsvītrotas, bet to šķiedrās ir tikai viens kodols. Sirds muskuļu kontrakcijas nav pakļautas gribai. Sirds muskuļu šķiedras ir zarotas un šķietami saplūdušas savā starpā. Patiesībā starp to galiem atrodas diski, kas rodas, divu šķiedru plazmatiskajām membrānām saistoties savā starpā ar desmosomām un spraugu savienojumiem. Iestarpinātie diski ļauj impulsiem pārvietoties no šūnas uz šūnu un koordinēt sirds sitienu.

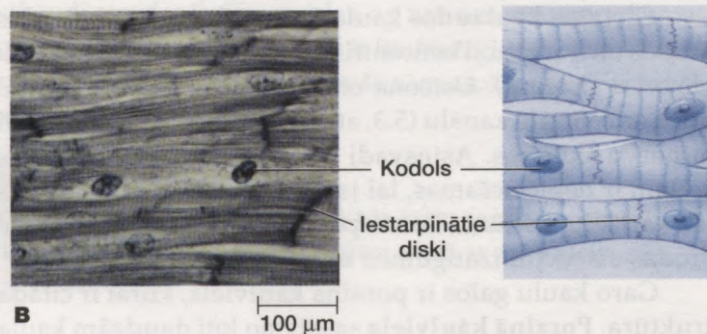
Gludo muskuļu šūnas ir vārpstveida, un tajās nav šķērsvītrojuma. Katras šūnas smailie gali cieši pieguļ blakus esošo šūnu pāresninātajām vidusdaļām. Šūnu kodoli šajos audos veido neregulāru zīmējumu (5.5. att. C). Gludo muskuļaudu darbība nav pakļauta gribai. Šie muskuļaudi atrodas iekšējos orgānos (zarnās, kuņģī u. c.). Tie saraujas lēnāk nekā skeleta muskuļi, bet kontrahētā stāvoklī spēj palikt daudz ilgāku laiku. Saraujoties zarnu muskuļiem, barība virzās pa gremošanas traktu. Saraujoties asinsvadu muskuļiem, sašaurinās asinsvadi un paaugstinās asinsspiediens.

Visos muskuļos ir aktīna un miozīna pavedieni. Skeleta un sirds muskuļos šie pavedieni daļēji pārklājas un veido šķērsvītrojumu.



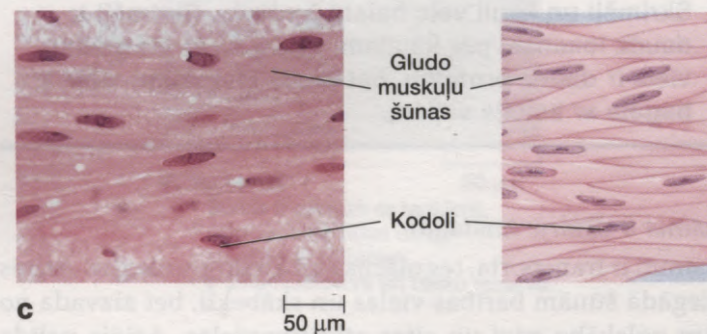
A. Skeleta muskuļi

- Sastāv no šķērsvītrotām šķiedrām; katrā no tām ir daudzi kodoli.
- Parasti ir piestiprināti pie skeleta.
- Darbība ir pakļauta gribai.



B. Sirds muskuļi

- Sastāv no zarotām šķērsvītrotām šķiedrām; katrā no tām ir viens kodols.
- Atrodas sirds sienās.
- Darbojoties sūknē asinis.

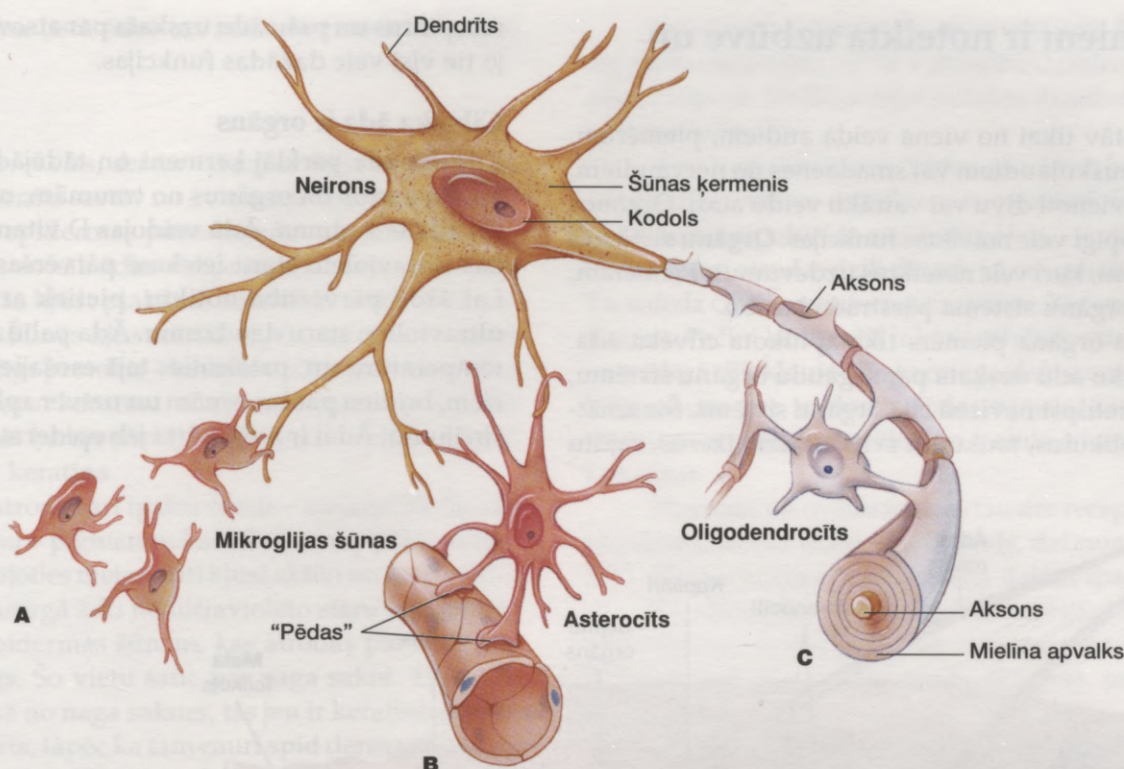


C. Gludie muskuļi

- Sastāv no vārpstveida šūnām; katrā no tām ir viens kodols.
- Atrodas iekšējo orgānu sienās.
- Pārvieto vielas pa iekšējiem orgāniem.

5.5. attēls. Muskuļaudi

A. Skeleta muskuļi ir šķērsvītroti. To darbība ir pakļauta gribai. **B.** Sirds muskuļi ir šķērsvītroti. To darbība nav pakļauta gribai. Zaroto šķiedru plazmatiskās membrānas savienojumu vietās veido iestarpinātus diskus. **C.** Gludie muskuļi nav šķērsvītroti. To darbība nepakļaujas gribai.



5.6. attēls. Centrālās nervu sistēmas neiroglijas šūnas

A. Mikroglijas šūnas ir fagocīti; tās aizvāc atkritumus. **B.** Asterocīti atrodas starp neironiem un kapilāriem, tādēļ vielas, kas neironam pieplūst no asinīm, vispirms nokļūst asterocītos. **C.** Oligodendrocīti ap centrālās nervu sistēmas (CNS) šķiedrām veido mielīna apvalku.

Nervaudi vada impulsus

Nervaudi sastāv no nervu šūnām, kuras sauc par neironiem (gr. *neuron* – nervs). Tie atrodas galvas un muguras smadzenēs (5.6. att.). Neironi ir specializētas šūnas. Katrai šūnai ir trīs daļas: 1) dendrīti, kas pārvada signālus šūnas ķermenim; 2) šūnas ķermenis, kurā atrodas lielākā daļa šūnas citoplazmas un kodola; 3) aksons, kas nervu impulsus aizvada prom no šūnas ķermeņa.

Aksonus un dendrītus sauc par neirona šķiedrām. Tās var būt samērā garas. Ārpus galvas un muguras smadzenēm šīs garās šķiedras veido nervus, kurus aptver saistaudi. Nervu šķiedras pārvada impulsus gan no receptoriem uz galvas vai muguras smadzenēm, kur veidojas sajūtas, gan arī no galvas un muguras smadzenēm uz muskuļiem vai dziedzeriem, kuri attiecīgi saraujas vai izdala vielas. Tā tiek panākta saskaņota atbilde uz **kairinājumu**. Nervaudos bez neironiem ir arī neiroglijas šūnas.

Neiroglijas šūnas ir mainīgas

Centrālajā nervu sistēmā (CNS) ir vairāki neiroglijas šūnu tipi (5.6. att.). Lai noskaidrotu, kāda ir neiroglijas šūnu loma CNS darbībā, mūsdienās ir veikti daudzi pētījumi. Neiroglijas šūnu ir deviņas reizes vairāk nekā neironu, un tās aizņem lielāko galvas smadzeņu daļu. Tiek uzskatīts, ka neiroglijas šūnas tikai balsta un baro neironu. Oligodendrocīti veido mielīna apvalku un mikroglijas šūnas. Tie balsta neironus un fagocītē baktērijas un šūnu atkritumus. Asterocīti piegādā neironiem barības vielas, absorbē neurotransmisīvo glutanātu un ražo augšanas faktoru, ko sauc par neiroglijas veidoto augšanas faktoru. Iespējams, ka kādreiz ar šo vielu varēs izārstēt Parkinsona slimību un slimības, kuru cēlonis ir neironu deģenerācija. Zinātnieki ir pierādījuši, ka neiroglijas šūnas (kaut arī tām nav garu izaugumu) sadarbojas gan savā starpā, gan ar neironiem.

Nervu šūnas sauc par neironiem. Tām ir šķiedras (izaugumi), ko sauc par aksoniem un dendrītiem. Garās šķiedras veido nervus.

5.2. Orgāniem ir noteikta uzbūve un funkcijas

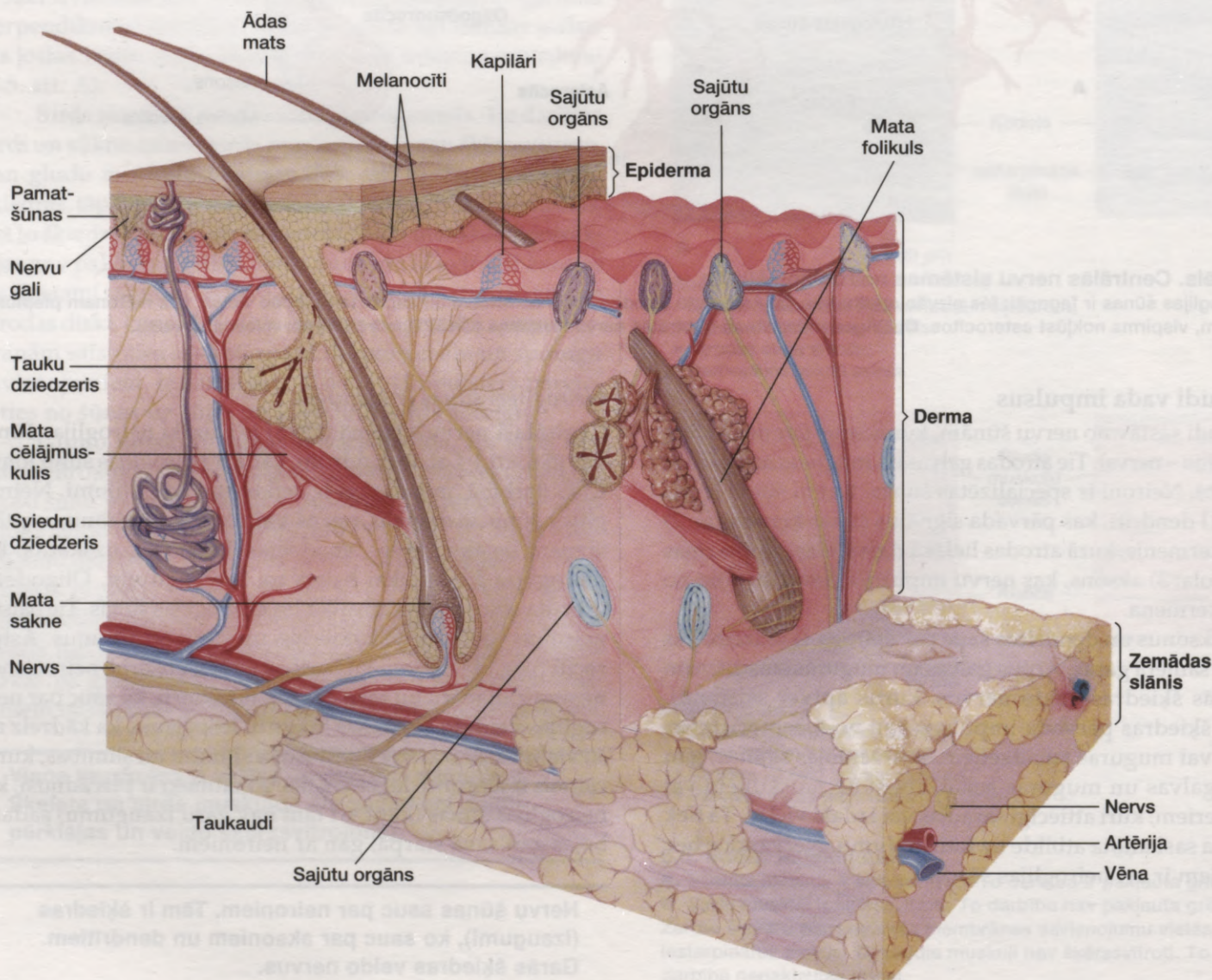
Orgāni nesastāv tikai no viena veida audiem, piemēram, muskuļi no muskuļaudiem vai smadzenes no nervaudiem, bet tajos ir apvienoti divu vai vairāku veidu audi. Orgānos esošie audi kopīgi veic noteiktas funkcijas. **Orgānu sistēmās** ir dažādi orgāni, kuri veic noteiktus uzdevumus. Piemēram, gremošanas orgānu sistēma pārstrādā barību.

Sīkāk kā orgāna piemērs tika aplūkots cilvēka āda. Daļa zinātnieku ādu uzskata par segaudu orgānu sistēmu, tādēļ ka tā neietilpst nevienā citā orgānu sistēmā. Šie zinātnieki matu folikulus, tauku un sviedru dziedzerus, sajūtu

receptorus un pašu ādu uzskata par atsevišķiem orgāniem, jo tie visi veic dažādas funkcijas.

Cilvēka āda ir orgāns

Cilvēka āda pārklāj ķermeni un tādējādi aizsargā dziļāk esošos audus un orgānus no traumām, mikrobu infekcijas un ūdens zuduma. Ādā veidojas D vitamīna provitamīns, kas ultravioleto staru ietekmē pārvēršas par D vitamīnu. Lai šāda pārvērtība notiktu, pietiek ar pavisam nelielu ultravioleto staru daudzumu. Āda palīdz regulēt ķermeņa temperatūru un, pateicoties tajā esošajiem sajūtu receptoriem, brīdina par briesmām un uztver apkārtējās vides kairinājumu. Ādai ir ārējā kārtā jeb epiderma (virsāda), iekšē-



5.7. attēls. Cilvēka ādas uzbūve

Ādai ir trīs kārtas: epiderma, derma un zemāda.

jā kārta jeb derma (īstā āda) un zemāda (zemādas tauku slānis).

Ādai ir kārtas

Epiderma (gr. *epi* – virs, *derma* – āda) ir ārējais, plānākais ādas slānis. Epiderma sastāv no zvīņveida epitēlija slāņiem, kas veidojušies, epidermas pamatsūnām nepārtraukti daļoties. Šūnas, kas nonāk ādas virspusē, nesaņem no asinīm barības vielas. Tās kļūst plakanas un cietas, atmirst un pamazām nolobās. Šūnas kļūst cietas tāpēc, ka tajās veidojas ūdensnecaurlaidīgs proteīns – **keratīns**. Visbiežākā nedzīvo šūnu kārta, kas satur keratīnu, cilvēkam atrodas uz delnām un pēdām. Pārējās ķermeņa daļās epiderma ir plāna un tajā ir tikai nedaudz keratīna.

Epidermā atrodas arī īpašas šūnas – melanocīti. Šīs šūnas ražo melanīnu – pigmentu, kas cilvēkiem piešķir tumšu ādas krāsu. Sauļojoties melanocīti kļūst aktīvi un ražo vairāk melanīna, kas pasargā ādu no ultravioleto staru iedarbības. No speciālām epidermas šūnām, kas atrodas pie naga pamatnes, aug nags. Šo vietu sauc par naga sakni. Tad, kad šūnas izaug laukā no naga saknes, tās jau ir keratinizējušās. Nags izskatās sārts, tāpēc ka tam cauri spīd derma. Pie naga pamatnes atrodas biežākā naga daļa, kas redzama kā gaišs pūsmēness. Parasti nagi nedēļā izaug garāki par vienu milimetru.

Ādas epiderma sastāv no zvīņveida epitēlija slāņiem. Šīs kārtas virsējās šūnas keratinizējas, atmirst un nolobās.

Derma (gr. *derma* – āda) ir ādas kārta, kas sastāv no šķiedrainajiem saistaudiem. Derma ir biežāka par epidermu. Tajā atrodas kolagēna šķiedras un elastīgās šķiedras. Kolagēna šķiedras veido kūlīšus, kuri savijas un lielākajā ādas daļā stiepjas paralēli ādas virsmai. Ādā ir dažādas struktūras. Mati, izņemot to saknes daļu, sastāv no nedzīvām, cietām epidermas šūnām. Matu sakne ir dzīva. Tā atrodas mata folikulā. Katram folikulam ir viens vai vairāki tauku dziedzeri, kas izdala taukvielas un ieeļļo matus un ādu. Pie mata folikula ir piestiprināts gludais muskulis, ko sauc par mata cēlājmuskuli. Muskulim kontrahējoties, mats saslienās stāvus. Tas vērojams, kad cilvēks nobīstas vai arī viņam salst; rodas zosāda – sīki pauguriņi uz ādas pie katra mata pamatnes.

Sviedru dziedzeri ir gandrīz visā ādā. Tie atrodas dermā savītu caurulīšu veidā. Caurulītes iztaisnojas un atveras ādas virspusē. Nelielai daļai sviedru dziedzeru izvadatvere ir matu folikulos.

Ādā ir sīki receptori. Sāpes, pieskārienu, temperatūru un spiedienu uztver dažāda veida receptori. Spiediena receptori atrodas sīpolveida sajūtu orgānos – Pačīni ķermenīšos. Šie receptori atrodas dziļi dermā, kā arī ap saitēm un cīpslām. Tie sniedz cilvēkam informāciju par to, kur un kā viņš kustas. Kaķiem Pačīni ķermenīši ir koncentrēti ķepās, kāju locītavās un vēderā. Piekļaujot šīs ķermeņa daļas zemei, kaķi iegūst informāciju par to, kurp dodas upuris. Līdzīgi receptori dzeņiem atrodas uz mēles un palīdz viņiem atrast kokā kukaiņus.

Plakanas un ovālas formas taustes receptori ir pirkstos, plaukstās, krūšu galos, lūpās, mēlē, dzimumlocekli un klotrā. Tie nodrošina šīm ķermeņa daļām īpašu jutību.

Karstuma un aukstuma sajūtu orgāni sastāv no mežģīņveida nervu šķiedrām un atrodas saistaudu apvalkos. Visā ādā atrodas zarotas nervu šķiedras, un to brīvie gali uztver sāpju sajūtu.

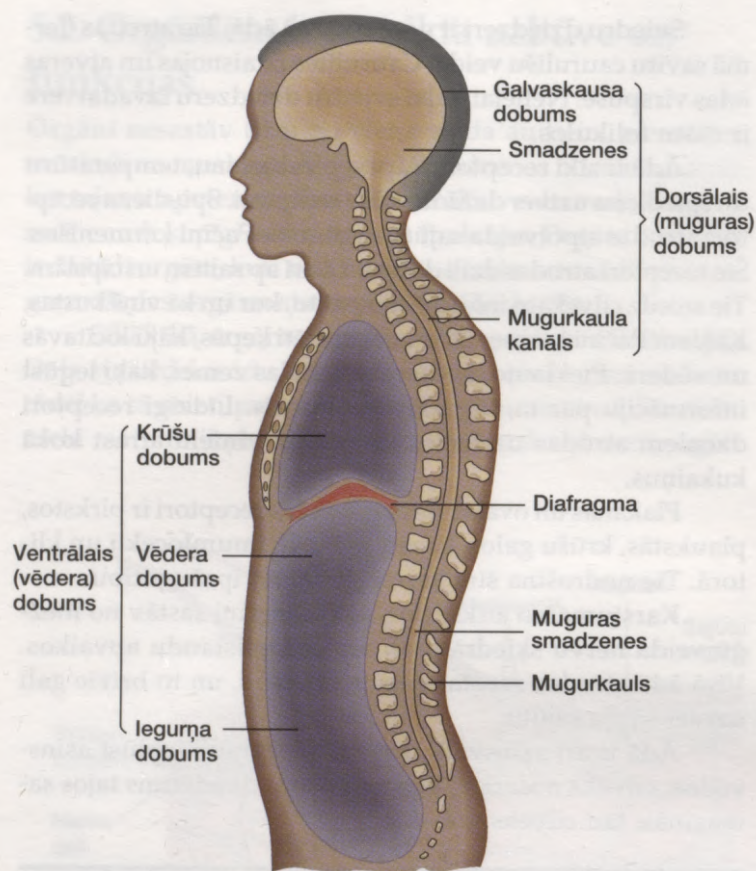
Ādā ir arī asinsvadi. Kad asinis strauji ieplūst asinsvados, cilvēks nosarkst, bet, kad asiņu daudzums tajos samazinās, tad cilvēks nobāl.

Derma sastāv no šķiedrainajiem saistaudiem un atrodas zem epidermas. Tajā ir matu folikuli, tauku un sviedru dziedzeri, receptori, nervu šķiedras un asinsvadi.

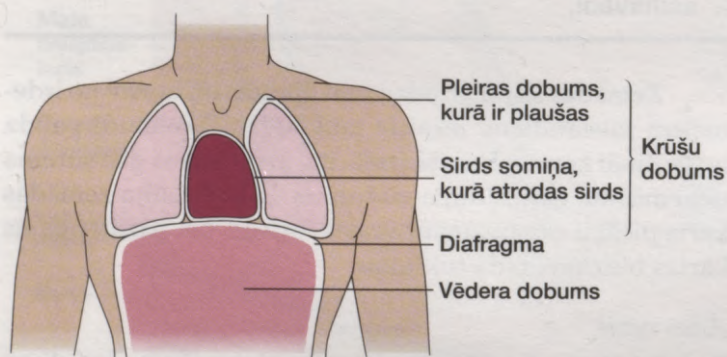
Zemādas kārta atrodas zem dermas un sastāv no irdeņajiem saistaudiem, iekaitot taukaudus. Taukaudi palīdz nodrošināt ķermeņa termoizolāciju, jo samazina gan siltuma uzņemšanu, gan siltuma zudumus. Labi attīstīta zemādas kārta piešķir organismam apaļas formas, bet pārmērīgs šīs kārtas biezums rada tuklumu.

Ādas vēzis

Pēdējā laikā ir strauji pieaudzis slimnieku skaits, kas slimo ar ādas vēzi. Ārsti uzskata, ka vēža cēlonis ir sauļošanās. Nav izslēgts, ka to var iegūt, arī bieži apmeklējot solāriju. Jautājums par ādas aizsardzību no kaitīgajiem saules stariem ir aplūkots 93. lappusē.



A



B

5.8. attēls. Zīdītāju ķermeņa dobumi

A. Sānskaits. Dorsālais dobums sastāv no galvaskausa dobuma un mugurkaula kanāla. Galvas smadzenes atrodas galvaskausa dobumā; muguras smadzenes – mugurkaula kanālā. Ventrālais dobums ir labi attīstīts. Diafragma to sadala krūšu dobumā un vēdera dobumā. Sirds un plaušas atrodas krūšu dobumā, bet lielākā daļa pārējo orgānu – vēdera dobumā. Vēdera dobuma apakšējo daļu veido iegurņa dobums. **B.** Krūšu dobums priekšskatā.

Orgāni veido orgānu sistēmas

Dzīvnieku **orgānu sistēmas** sastāv no orgāniem. Orgānu sistēmas ir nākamais dzīvnieku uzbūves organizācijas līmenis (sk. 5.1. att.). Visiem mugurkaulniekiem ir vienas un tās pašas orgānu sistēmas. Orgānu sistēmas nodrošina dzīvnieku dzīvības norises.

Dzīvības norise	Cilvēka orgānu sistēma
Organisma darbības koordinācija	Nervu sistēma Endokrīnā sistēma
Vielu un enerģijas ieguve	Skeleta sistēma Muskuļu sistēma Gremošanas orgānu sistēma
Ķermeņa formas piešķiršana	Skeleta sistēma Muskuļu sistēma
Gāzu maiņa	Elpošanas orgānu sistēma
Vielu transports	Asinsrites sistēma
Vielmaiņas galaproduktu izvadīšana	Izvadorgānu sistēma
Organisma aizsardzība pret slimībām	Limfas sistēma Imūnsistēma
Pēcnācēju radīšana	Dzimumorgānu sistēma

Organismā ir dobumi

Katrai orgānu sistēmai organismā ir noteikta vieta. Ir divi galvenie ķermeņa dobumi. Mazākais no tiem ir dorsālais (muguras) dobums, lielākais – ventrālais (vēdera) dobums (5.8. att.).

Galvas un muguras smadzenes atrodas dorsālajā dobumā. Ventrālais dobums embrionālās attīstības laikā veidojas no **celoma**. Cilvēka un citu zīdītāju organismā ventrālo dobumu divās daļās sadala diafragma. Diafragma piedalās elpošanas kustībās. Sirds (dzīvniekiem ar slēgtu asinsrites sistēmu; tā darbojas kā asiņu sūknis) un plaušas ir novietotas ventrālā dobuma augšējā daļā – krūšu dobumā. Lielākā daļa gremošanas orgānu, izvadorgānu sistēma un dzimumorgāni ir novietoti galvenokārt apakšējā – vēdera dobumā. Izvadorgānu sistēmas nozīmīgākie orgāni ir nieres. Pie gremošanas orgānu sistēmas pieder arī tādi orgāni kā aknas un aizkuņģa dziedzeris, jo tie izdala gremošanas sulas. Katram dzimumam ir atšķirīgi dzimumorgāni.

Dzīvnieku organisms sastāv no orgānu sistēmām. Katram orgānam ir noteikta uzbūve, funkcijas un novietojums organismā. Visu orgānu sistēmu darbība ir koordinēta.

Uzziniet tuvāk

► Kā rodas ādas vēzis

Lai saglabātu gaišu ādu, sievietes karalienes Viktorijas laikā staigāja ar saules-sargiem. Tolaik uzskatīja, ka gaiša āda ir skaista, bet 20. gadsimta sākumā uzskati mainījās. Cilvēki deva priekšroku zeltaini brūnai ādai, kuru ieguva sauļojoties. Ja cilvēks dažas stundas atrodas saulē, viņa āda, izplešoties ādas asinsvadiem, kļūst sāpīga un sārta. Iedegums parādās tad, kad ādas virsmas keratinizētajās šūnās palielinās melanīna graudiņu daudzums. Melanīns mazina ultravioleto staru kaitīgo iedarbību. Saule rada divu veidu ultravioletos starus: A un B starus. Ultravioletie A stari dziļi iespiežas ādā, ietekmē saistaudus un rada ādā grumbas. Ultravioletie B stari spēj izraisīt vēzi. Tie pārsvarā ir pusdienlaikā. Iespējams, ka ultravioletie A staru pastiprina B staru iedarbību.

Ir divējādas ādas vēža formas. Viena no tām sākas melanocītos, tāpēc to sauc par melanomu. Otra vēža forma sākas ādas epidermas šūnās; to sauc par karcinomu. Ultravioletais starojums var izraisīt audzēja veidošanos epidermas pamatšūnās, mazinot imūnsistēmas spēju. Tas ir izplatītākais ādas vēža veids. Šāda karcinoma var izskatīties dažādi. Tā var būt kā nedzīstošs jēlums, sarkanīgs plankums, gluds, apaļš veidojums ar uzbiezīnātām malām vai bāls laukums. Aptuveni 95 % slimnieku veic operācijas, bet bieži vien audzējs atjaunojas.

Epidermas zvīņveida šūnu karcinoma ir 5 reizes retāk sastopama par pamatšūnu karcinomu, bet tā ir bīstamāka, jo bieži vien pāriet uz citiem orgāniem. Aptuveni viens procents slimnieku no šā vēža mirst. Zvīņveida šūnu karcinomai ir tādas pašas pazīmes kā pamatšūnu karcinomai, tikai tā var veidot arī asiņojošas kārpas un kreveles.

Melanoma izskatās pēc neparastas dzimumzīmes. Melanoma atšķirībā no parastās apaļas dzimumzīmes ir līdzīga izšķīstītam tintes traipam. Melanomai var būt dažādas nokrāsas. Bieži vien tā niez, sāp vai ir nejutīga. Āda ap melanomu kļūst pelēka, balta vai sarkana. Visbiežāk melanoma veidojas cilvēkiem, kam ir ļoti gaiša āda, īpaši tad, ja viņi bērnībā ir cietuši no nopietniem apdegumiem. Lielākas iespējas saslimt ar melanomu ir tiem cilvēkiem,



A

5.A. attēls. Sauļošanās

A. Ozona slāņa bojājumu dēļ mūsdienās sauļošanās ir daudz bīstamāka nekā agrāk.

B. Ultravioleto staru indekss raksturo saules ultravioletā starojuma relatīvo daudzumu pilsētās. Palielinoties ozona caurumam, katras nākamās pilsētas indekss palielinās aptuveni par 20 % un par tikpat daudz procentiem palielinās ādas vēža saslimšanas gadījumu skaits.

kuriem ir daudz dzimumzīmju. Vairums dzimumzīmju parādās līdz 14 gadu vecumam. To veidošanos veicina ādas pakļaušana saules staru iedarbībai. Melanomas slimnieku skaits 20. gadsimtā arvien pieaug, bet pēdējos gadu desmitos pat ir divkārtojies. Katru gadu reģistrē aptuveni 32 000 saslimšanas gadījumu, un viens no pieciem saslimušajiem nomirst piecu gadu laikā.

Kopš zinātnieki ir noskaidrojuši ādas vēža saistību ar ultravioleto staru iedarbību, viņi ir radījuši ultravioleto staru indeksu. Tas raksturo saules staru iedarbību dažādās ASV pilsētās (5.A. att. B.). Vismazākais indekss ir Ankoridžā (Aļaskā) – 100. Jo tālāk uz dienvidiem atrodas pilsēta, jo lielāks ir ultravioleto staru indekss un risks saslimt ar ādas vēzi.

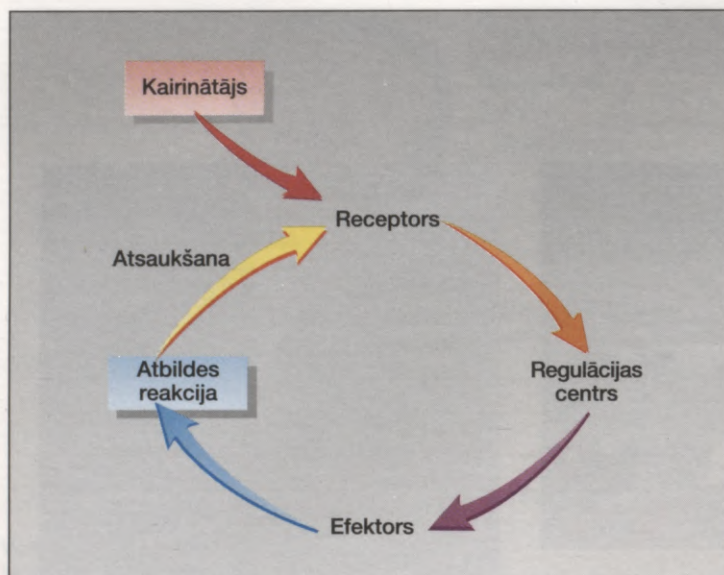
Izpētīts, ka, ozona slānim samazinoties par 10 %, ultravioleto staru indekss pilsētā palielinās par 13–20 % un ka par tikpat daudz procentiem pieaug risks saslimt ar ādas vēzi. Pat ja dzīvojat Ankoridžā, derētu ievērot drošības noteikumus, atrodoties saulē.

ASV pilsēta	Ultravioleto staru indekss
Ankoridža	100
Sietla	477
Mineapolisa	570
Bostona	591
Čikāga	637
Ņujorka	639
Filadelfija	656
Vašingtona	683
Kolumbusa	698
Sentluisa	714
Sanfrancisko	715
Boise	715
Losandželosa	824
Dalasa	871
Atlanta	875
Lasvegasa	876
Fēniksa	889
Denvera	951
Hjūstona	999
Maiami	1028
Honolulu	1147

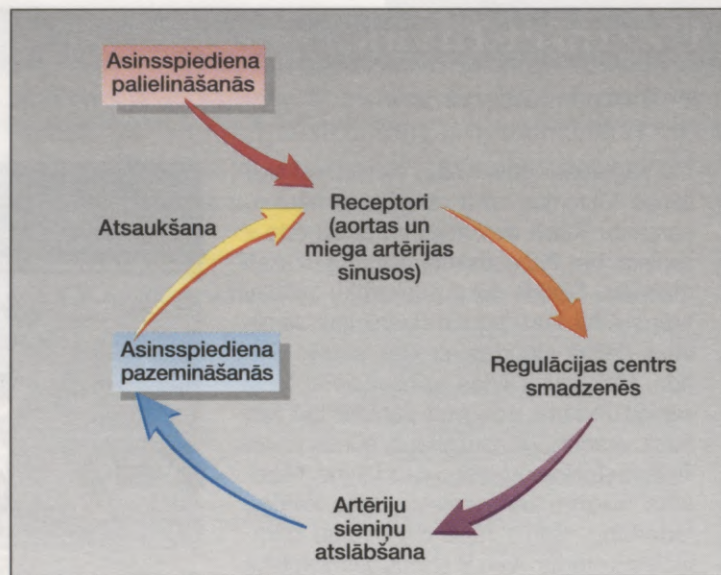
B

Lai izvairītos no saslimšanas ar ādas vēzi, jāievēro šādi noteikumi.

- Jālieto saulesargi, kas aizsargā no abu veidu ultravioletajiem stariem. Vēlams, lai saules aizsardzības koeficients būtu vismaz 15. (Ja jūs parasti, atrodoties saulē, iedegumu iegūstat pēc 20 minūtēm, tad, lietojot saules-sargu, tas notiks 15 reizes ilgākā laikā.)
- Jāvālkā aizsargājošs apģērbs. Jāizvēlas apģērbs no necaurlaidīga auduma un jānēsā cepure ar platām malām. Sporta cepure neaizsargās jūsu ausis.
- Nedrīkst uzturēties saulē laikā no plkst. 10 līdz plkst. 15. Tā jūs saņemsit par 60 % mazāk saules radiācijas nekā parasti.
- Jālieto tikai tādas saulesbrilles, kas aiztur abu veidu ultravioletos starus. Pretējā gadījumā saulesbrilles acīm var nodarīt vēl lielāku ļaunumu, jo acu zilītes krēslā izplešas.
- Jāizvairās no solāriju apmeklēšanas. Tā kā sauļošanās iekārtās izmanto tikai ultravioletos A starus, ādas dziļākie slāņi kļūst jutīgāki pret ultravioletajiem B stariem tajā laikā, kad jūs uzturaties saulē.



A



B

5.9. attēls. Negatīvās atgriezeniskās saites kontrole

A. Kairinātājs iedarbojas uz receptoru, un tas dod signālu regulācijas centram smadzenēs. Regulācijas centrs dod signālu efektoram, kas atbild uz kairinājumu, un šī atbildes reakcija pārtrauc kairinātāja iedarbību. **B.** Ja paaugstinās asinsspiediens, īpaši receptori asinšvadu sienīņās dod signālus atbilstošajam centram galvas smadzenēs. Smadzenes signalizē artēriju, tās atslābst, un asinsspiediens pazeminās.

5.3. Homeostāze ir nepieciešama

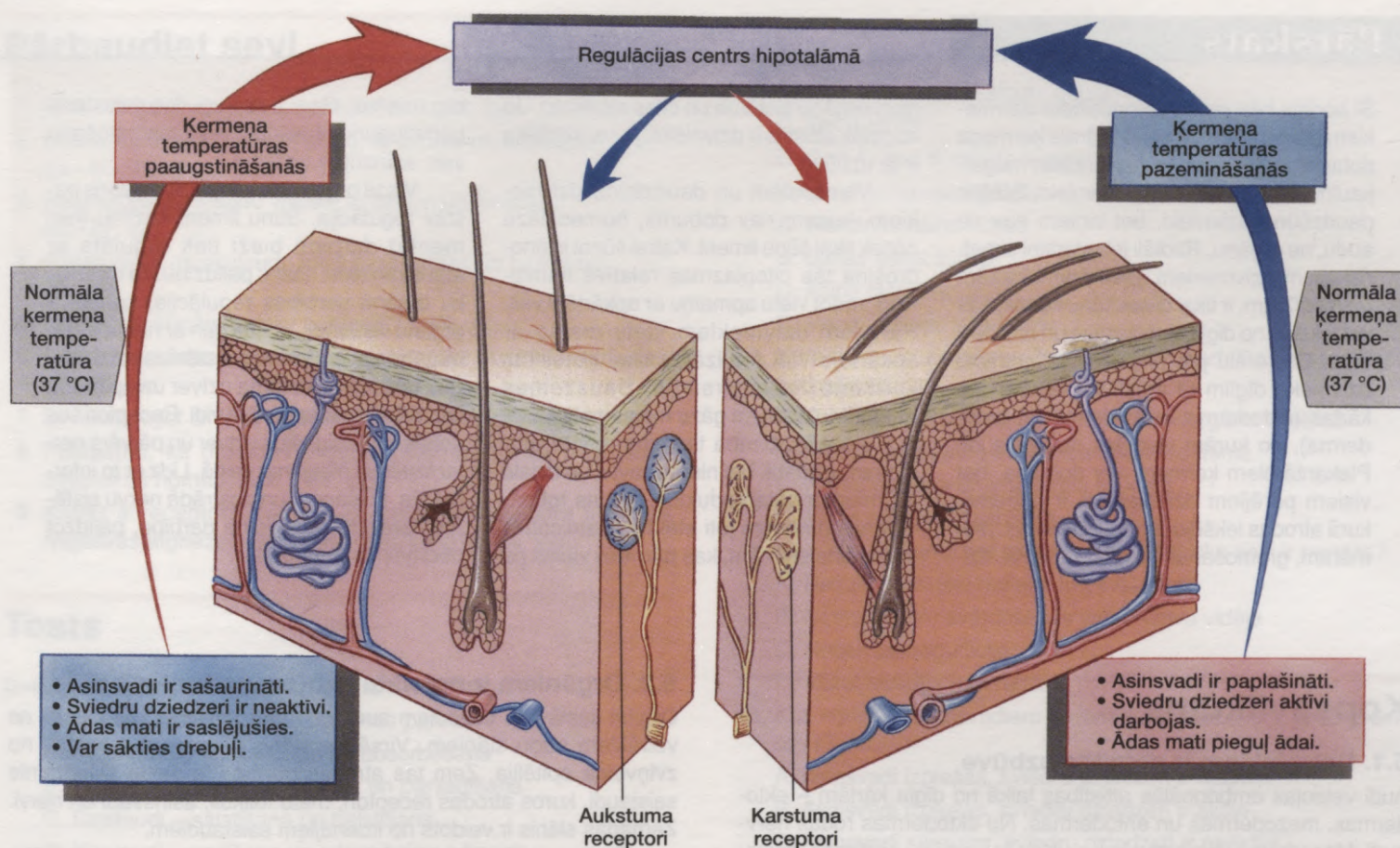
Ievērojamais franču fiziologs Klods Bernārs 1859. gadā rakstīja, ka dzīvnieks dzīvo ārējā vidē, bet tā organisma šūnas atrodas iekšējā vidē. **Iekšējā vide** ir šķidrums, ko sauc par audu šķidrumu. Tas apskalo visas organisma šūnas. K. Bernārs uzsvēra, ka iekšējās vides relatīvais nemainīgums ļauj dzīvniekiem dzīvot ļoti mainīgajā ārējā vidē. Vēlāk amerikāņu fiziologs Valters Kenons ieviesa jēdzienu **homeostāze** (gr. *homois* – līdzīgs, *stasis* – stāvošs). Viņš teica, ka pastāv dinamiska mijiedarbība starp faktoriem, kas cenšas pārmainīt iekšējo vidi, un faktoriem, kas darbojas pret šādām pārmaiņām. Lai nodrošinātu homeostāzi, asiņu un audu šķidruma sastāvam, ķermeņa temperatūrai un asinsspiedienam jābūt noteiktās normas robežās.

Dzīvnieka organisma iekšējā vide ir audu šķidrums. Tas apskalo visas šūnas.

Homeostāzes nodrošināšanā piedalās lielākā daļa orgānu sistēmu. Gremošanas orgānu sistēma uzņem un sagremo barību. Tā piegādā asinīm barības vielu molekulas, un šūnas tās saņem iztērēto barības vielu vietā. Elpošanas orgānu sistēma piegādā asinīm skābekli un izvada oglekļa dioksīdu. Ja organismam ir nepieciešams, šie procesi var noritēt

straujāk. Ļoti nozīmīga loma homeostāzes nodrošināšanā ir aknām un nierēm. Glikozei nonākot asinīs, tā pārvietojas uz aknām un uzkrājas tajās glikogēna veidā. Vēlāk glikogēns noārdās un pārvēršas par organisma šūnām nepieciešamo glikozi. Šādā veidā asinīs saglabājas nemainīgs glikozes daudzums. Aizkuņģa dziedzera izdalītais hormons insulīns regulē glikozes pārvēršanos glikogēnā un uzkrāšanos aknās. Nieres no organisma izdala vielmaiņas galaproduktus un sāļus – vielas, kas ietekmē asiņu pH līmeni. Arī nieru darbību regulē hormoni.

Lai gan homeostāzi lielā mērā nodrošina hormoni, tā tomēr ir atkarīga arī no regulācijas, ko veic nervu sistēma. Cilvēka galvas smadzenēs ir centri, kas regulē, piemēram, asinsspiedienu. Receptori uztver asinsspiediena pārmaiņas un signalizē regulācijas centram. Ja ir nepieciešama asinsspiediena korekcija (5.9. att.), regulācijas centrs nodrošina atbilstošu atbildes reakciju. Atjaunojoties normālam asinsspiedienam, receptori vairs netiek kairināti. Šāda veida regulāciju sauc par **atgriezenisko saiti**, tāpēc ka regulācijas centrs rada esošajai situācijai pretēju atbildes reakciju. Labs piemērs, kas ilustrē negatīvās atgriezeniskās saites darbību, ir apkures sistēmas regulācija ar termostata palīdzību. Patiecoties negatīvajai atgriezeniskajai saitei, telpās tiek nodrošināta relatīvi pastāvīga gaisa temperatūra, kas tikai ļoti nedaudz svārstās virs un zem vidējās temperatūras. Pastāv



5.10. attēls. Homeostāze un temperatūras regulācija

Kad ķermeņa temperatūra palielinās, pārsniedzot normālo temperatūru, regulācijas centrs liek asinsvadiem paplašināties un sviedru dziedzeriem aktīvi darboties, lai ķermeņa temperatūra pazeminātos līdz 37 °C. Kad ķermeņa temperatūra pazeminās zem normas, regulācijas centrs liek asinsvadiem sašaurināties un ādas matiem saslēgties. Var rasties arī drebuļi. Rezultātā ķermeņa temperatūra sasniedz 37 °C.

arī pozitīvā atgriezeniskā saite, kas pastiprina esošo atbildes reakciju. Piemēram, ja ir sākušās dzemdības, katra nākamā norise sievietes organismā sekmē dzemdību procesa turpināšanos, līdz piedzimst bērns.

Kā tiek regulēta ķermeņa temperatūra

Āda uztver ārējās temperatūras pārmaiņas, bet ķermeņa temperatūras regulācijas centrs, kas atrodas hipotalāmā, uztver vienīgi asiņu temperatūru. Kad ķermeņa temperatūra pazeminās zem normas, regulācijas centrs ar nervu impulsu starpniecību regulē ādas asinsvadus un liek tiem sarauties (5.10. att.). Tas palīdz saglabāt siltumu. Ādas matu cēlājmuskuļi liek matiem iztaisnoties, līdz ar to virs ādas izveidojas slānis, kas aiztur silto gaisu. Ja ķermeņa temperatūra turpina pazemināties, regulācijas centrs sūta nervu impulsus skeleta

muskuļiem, rodas drebuļi. Drebot rodas siltums, un ķermeņa temperatūra paaugstinās līdz 37 °C. Kad ķermeņa temperatūra ir normāla, regulācijas centrs nav aktīvs.

Ja ķermeņa temperatūra ir paaugstināta, regulācijas centrs aktivizējas un liek ādas asinsvadiem izplesties. Līdz ar to ķermeņa virsmai pieplūst vairāk asiņu, un siltums var izdalīties apkārtējā vidē. Bez tam regulācijas centrs aktivizē arī sviedru dziedzerus. Izdalīto sviedru iztvaikošana pazemina ķermeņa temperatūru, līdz tā nokrītas līdz 37 °C.

Hipotalāmā esošā regulācijas centra darbība saglabā cilvēka ķermeņa temperatūru aptuveni 37 °C robežās.

Pārskats

Šī nodaļa bija veltīta celomiskiem dzīvniekiem (tādiem, kam ir sekundārais ķermeņa dobums jeb celoms) un galvenokārt mugurkaulniekiem. Ir arī citādi dzīvnieki. Sūkļi ir daudzšūnu dzīvnieki, bet viņiem nav ne audu, ne orgānu. Radiāli jeb staraini simetriskajiem dzīvniekiem, piemēram, hidrām un medūzām, ir tikai divas šūnu kārtas, kas veidojušās no dīgļa ektodermas un entodermas. Bilaterālu jeb divpusēji simetrisku dzīvnieku dīglim tā attīstības laikā ir trīs kārtas (ektoderma, mezoderma un entoderma), no kurām veidojas dažādi audi. Plakantārpiem ķermenī nav dobuma, bet visiem pārējiem dzīvniekiem ir dobums, kurā atrodas iekšējo orgānu sistēmas, piemēram, gremošanas orgānu sistēma, dzi-

mumorgānu sistēma un citas sistēmas. Jo augstāk attīstīts ir dzīvnieks, jo sarežģītāka ir tā uzbūve.

Vienšūņiem un daudzšūnu dzīvniekiem, kuriem nav dobuma, homeostāze notiek tikai šūnu līmenī. Katrai šūnai ir jānodrošina tās citoplazmas relatīvā nemainība, radot vielu apmaiņu ar apkārtējo vidi. Pārējiem dzīvniekiem vielu maiņa ar apkārtējo vidi realizējas tikai noteiktās ķermeņa robežvirsmās. Sauszemes mugurkaulniekiem gāzu maiņa notiek vieniņi plaušās, barība tiek sagremota gremošanas traktā, bet nieres savāc un izdala vielmaiņas galaproduktus. Šādas robežvirsmas darbojas ļoti efektīvi, pateicoties transportsistēmām, kas pārnēsā vielas pa

organismu. Gan bezmugurkaulniekiem, gan mugurkaulniekiem vielu pārvietošanu veic asinsrites sistēma.

Visos organisma uzbūves līmeņos pastāv regulācija. Šūnu līmenī enzīmu (fermentu) darbība bieži tiek regulēta ar atgriezeniskās saites palīdzību. To dzīvnieku orgānu darbības regulācija, kuriem ir orgānu sistēmas, notiek gan ar nervu sistēmas, gan ar endokrīnās sistēmas palīdzību. Bez tam nervu sistēma uztver un apstrādā informāciju par apkārtējo vidi. Receptori šos ārējās vides signālus uztver un pārvērš nervu sistēmai pieejamā veidā. Līdz ar to informācija, ko saņem un apstrādā nervu sistēma, ietekmē organisma darbību, palīdzot nodrošināt homeostāzi.

Kopsavilkums

5.1. Dzīvniekiem ir noteikta uzbūve

Audi veidojas embrionālās attīstības laikā no dīgļa kārtām – ektodermas, mezodermas un entodermas. No ektodermas rodas nervaudi. Mezoderma veido muskuļus un dažas orgānu sistēmas (asinsrites orgānu sistēma, izvadorgānu sistēma un dzimumorgānu sistēma). Entoderma izklāj elpošanas un gremošanas ceļus un ar tiem saistītos orgānus. Epitēlijaudi veidojas no visām trijām kārtām.

Epitēlijaudi pārklāj ķermeni un izklāj tā dobumus. Izšķir zvīņveida, kubisko un stabiņepitēliju. Tie var būt vienkārši un salikti, dziedzerveida vai ar skropstiņām. Epitēlijaudi aizsargā organismu un orgānus, absorbē un izdala vielas.

Saistaudiem starp šūnām atrodas starpšūnu viela. Irdenajiem un blīvajiem šķiedrainajiem saistaudiem ir fibroblasti un šķiedras (elastīgās šķiedras un kolagēna šķiedras). Taukaudi ir irdeno saistaudu veids. Saītes un cīpslas ir blīvie šķiedrainie saistaudi.

Cietie saistaudi ir skrimšļi (starpšūnu viela – proteīni) un kauli (starpšūnu viela – kalcījs). Asinis ir šķidrīgie saistaudi, jo to starpšūnu viela ir plazma.

Muskuļaudi var būt gludi vai šķērsvītroti (skeleta muskuļos, sirdī). Cilvēkam gludie muskuļi atrodas iekšējo orgānu sienās. Skeleta muskuļi ir piestiprināti pie kauliem. Sirds muskuļi ir sirdī.

Nervaudus veido neironi. Katram neironam ir dendrīti, šūnas ķermenis un aksons. Neuroglijas šūnas balsta un baro neironus.

5.2. Orgāniem ir noteikta uzbūve un funkcijas

Orgāni sastāv no dažādiem audiem. Āda ir orgāns, kas sastāv no vairākiem audu slāņiem. Virsējais slānis – epiderma sastāv no zvīņveida epitēlija. Zem tās atrodas derma. To veido šķiedrainie saistaudi, kuros atrodas receptori, matu folikuli, asinsvadi un nervi. Zemādas slānis ir veidots no irdenajiem saistaudiem.

Orgānu sistēmas sastāv no vairākiem orgāniem. Katra cilvēka orgānu sistēma veic gan tādas funkcijas, kas raksturīgas organismam kopumā, gan arī specifiskas funkcijas.

Cilvēka organismā ir divi dobumi. Dorsālajā dobumā atrodas galvas un muguras smadzenes. Ventrālais dobums ir sadalīts krūšu dobumā, kur atrodas sirds un plaušas, un vēdera dobumā, kur atrodas vairums pārējo orgānu.

5.3. Homeostāze ir nepieciešama

Homeostāze ir iekšējās vides relatīvā nemainība. Tā nodrošina asiņu un audu sastāva saglabāšanos normas robežās. Homeostāzes nodrošināšanā piedalās visas orgānu sistēmas, bet vislielākā loma ir aknām un nierēm. Aknas uztur asinīs nemainīgu glikozes daudzumu, bet nieres regulē to pH. Visa organisma darbību regulē nervu sistēma un hormonālā sistēma. Regulācija notiek ar negatīvās atgriezeniskās saites palīdzību. Tādējādi tiek panāktas tikai nelielas novirzes virs vai zem vēlamā līmeņa. Ķermeņa temperatūras regulācijas centrs atrodas hipotalāmā.

Pārbaudiet sevi

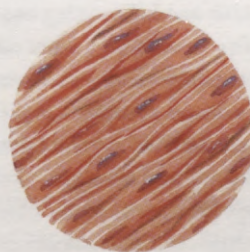
- Nosaučiet četras audu pamatgrupas! 84. lpp.
- Raksturojiet epitēlijaudu veidus, to uzbūvi un funkcijas! 84.–85. lpp.
- Raksturojiet saistaudu veidus, to uzbūvi un funkcijas! 86.–87. lpp.
- Raksturojiet muskuļaudu veidus, to uzbūvi un funkcijas! 88. lpp.
- No kādām šūnām sastāv nervaudi? 89. lpp.
- Raksturojiet ādas uzbūvi! Nosaučiet vismaz divas ādas funkcijas! 90.–91. lpp.
- Īsi raksturojiet cilvēka orgānu sistēmu novietojumu! 92. lpp.
- Pastāstiet, kā dažādas orgānu sistēmas palīdz nodrošināt organismā homeostāzi! 94. lpp.
- Kādas ir receptora, regulācijas centra un efektorā funkcijas negatīvās atgriezeniskās saites gadījumā? 94. lpp.

Tests

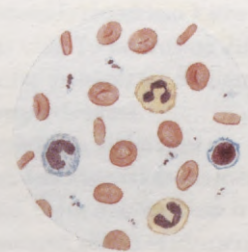
Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

- Kuru audu funkcijas nav nosauktas pareizi?
 - Epitēlijaudi – aizsardzība un absorbēšana
 - Muskuļaudi – kontrahēšanās un pārvadīšana
 - Saistaudi – saistīšana un balstīšana
 - Nervaudi – vadīšana un informācijas pārraide
- Kuri **nav** epitēlijaudi?
 - Āda
 - Kauli un skrimšļi
 - Glotāda
 - Visi nosauktie ir epitēlijaudi
- Kuri audi ir piemēroti dobumu izklāšanai?
 - Epitēlijaudi
 - Saistaudi
 - Nervaudi
 - Muskuļaudi
- Kurš apgalvojums par cīpslām un saitēm ir pareizs?
 - Tās veido saistaudi
 - Tās ir piesaistītas pie kauliem
 - Tās ir mugurkaulniekiem
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kuriem audiem šūnas atrodas dobumos?
 - Epitēlijaudiem
 - Skrimšļiem
 - Kauliem
 - Gan B, gan C atbilde ir pareiza

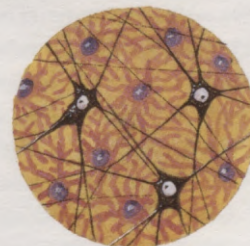
- Kurš apgalvojums par sirds muskuli ir pareizs?
 - Tas ir šķērsvītrots
 - Tā darbība nav pakļauta gribai
 - Tas ir gluds
 - Gan A, gan B atbilde ir pareiza
- Kura no asiņu sastāvdaļām cīnās ar infekcijām?
 - Sarkanās asins šūnas
 - Baltās asins šūnas
 - Asins plātnītes
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kura no nosauktajām orgānu sistēmām piedalās homeostāzes nodrošināšanā?
 - Gremošanas orgānu sistēma un izvadorgānu sistēma
 - Elpošanas orgānu sistēma un nervu sistēma
 - Nervu sistēma un endokrīnā sistēma
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kurš apgalvojums par negatīvo atgriezenisko saiti ir pareizs?
 - Rezultāts atsauc norises turpināšanos
 - Notiek neliela svārstīšanās virs un zem vidējā
 - Notiek pašregulācija
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kas notiek ar asinsvadiem un sviedru dziedzeriem, ja cilvēkam salst?
 - Asinsvadi izplešas, sviedru dziedzeri ir neaktīvi
 - Asinsvadi izplešas, sviedru dziedzeri ir aktīvi
 - Asinsvadi saraujas, sviedru dziedzeri ir neaktīvi
 - Asinsvadi saraujas, sviedru dziedzeri ir aktīvi
- Nosakiet, kādi audi ir redzami attēlos un pie kādas audu pamatgrupas (epitēlijaudi, muskuļaudi, nervaudi vai saistaudi) tie pieder!



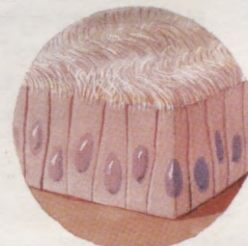
A



B



C



D

Papildjautājumi

1. *Dzīvnieka organismam ir vairāki dzīvības organizācijas līmeņi.*
Paskaidrojiet, kāpēc katrs organizācijas līmenis nav tikai vienkārša tā sastāvdaļu summa!
2. *Visiem organismiem ir noteiktas dzīvības pazīmes.*
Kādas ir šīs pazīmes?
3. *Organismu iekšējā vide ir relatīvi pastāvīga.*
Paskaidrojiet, kā katrs dzīvības process, izņemot pēcnācēju radīšanu, palīdz saglabāt iekšējās vides relatīvo pastāvību!

Multimediju izmantošana

Tēmu par dzīvnieku uzbūvi un homeostāzi palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa
<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. The Dynamic Human Anatomical Orientation

Jēdzienu izpratne

Āda	90. lpp.	Lakūna	87. lpp.
Ārējās sekrēcijas dziedzeri	85. lpp.	Muskuļaudi	88. lpp.
Asinis	87. lpp.	Negatīvā atgriezeniskā saite	94. lpp.
Audi	84. lpp.	Neirons	89. lpp.
Blīvie šķiedrainie saistaudi	86. lpp.	Nervaudi	89. lpp.
Cīpsla	86. lpp.	Orgāns	90. lpp.
Endokrīnie dziedzeri	85. lpp.	Orgānu sistēma	90. lpp.
Epiderma	91. lpp.	Positīvā atgriezeniskā saite	95. lpp.
Epitēlijaudi	84. lpp.	Saistaudi	86. lpp.
Fibroblasts	86. lpp.	Saite	86. lpp.
Gludie muskuļi	88. lpp.	Sirds muskulis	88. lpp.
Homeostāze	94. lpp.	Skeleta muskuļi	88. lpp.
Irdenie šķiedrainie saistaudi	86. lpp.	Skrimslis	86. lpp.
Kairinājums	89. lpp.	Šķērsvītrots	88. lpp.
Kauls	87. lpp.	Taukaudi	86. lpp.

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- A. _____ – saistaudi, kuros uzkrājas tauki.
- B. _____ – biežākais ādas slānis, kas sastāv no šķiedrainajiem saistaudiem un dažādām citām sastāvdaļām, piemēram, sajūtu orgāniem.
- C. _____ – tāds, kurā ir joslas. Sirds un skeleta muskuļos katrā muskuļu šķiedrā ir gaišas un tumšas šķērsvoslas, ko rada kontraktīlie proteīni.
- D. _____ – normālu iekšējās vides apstākļu uzturēšana šūnās un organismā ar pašregulācijas palīdzību.
- E. _____ – nervu šūna, kurai izšķir trīs daļas – dendritus, šūnas ķermeni un aksonu.
- F. _____ – ādas ārējā aizsargājošā kārtā.
- G. _____ – blīvo šķiedraino saistaudu sloksne, kas pievieno skeleta muskuļus pie kaula.
- H. _____ – sastāv no šķērsvītrotiem, gribai nepakļautiem muskuļaudiem un atrodas sirdī.
- I. _____ – dzīvnieku audi, kas pārsedz ķermeni un izklāj iekšējos dobumus. Tie var būt zvīņveida, kubveida vai stabiņveida.
- J. _____ – saistaudi, kuru šūnas citu no citas atdala šķidrums, ko sauc par plazmu.

Asinsrite

6.

N O D A Ļ A

Nodaļas saturs

6.1. Vielu pārvietošanās bezmugurkaulniekos

- Daļai bezmugurkaulnieku nav asinsrites sistēmas, bet daļai ir vaļēja asinsrites sistēma. 100. lpp.

6.2. Vielu pārvietošanās mugurkaulniekos

- Mugurkaulniekiem ir slēgta asinsrites sistēma. Asinis pa artērijām plūst prom no sirds. Tās nonāk kapilāros, kuros notiek gāzu maiņa. Pa vēnām asinis atgriežas sirdī. 102. lpp.
- Zivīm ir viens asinsrites loks, bet pārējiem mugurkaulniekiem ir divi asinsrites loki. Pa mazo asinsrites loku asinis no sirds plūst uz plaušām un prom no tām, bet pa lielo asinsrites loku – uz audiem un prom no tiem. 103. lpp.

6.3. Cilvēka asinsrites sistēma

- Sirds labā puse sūknē asinis uz plaušām, bet sirds kreisā puse – uz audiem. 104. lpp.
- Asinsspiediens rada asiņu plūsmu artērijās un arteriolās. Skeleta muskuļiem kontrahējoties, parādās asiņu plūsmas vēnās un vēnūlās, bet vārstuļi novērš asiņu atpakaļplūsmu. 109. lpp.

6.4. Sirds un asinsvadu slimības

- Lai gan asinsrites sistēma darbojas ļoti precīzi un efektīvi, tajā tomēr var rasties slimīgas pārmaiņas. 110. lpp.

6.5. Asinis – vielu transportētājas

- Cilvēka asinis sastāv no šūnām un šķidrums, kas satur proteīnus un dažādu vielu molekulas un jonus. 113. lpp.
- Asinis sarecē, pateicoties virknei reakciju, kuru rezultātā veidojas asiņu receklis. Tas sastāv no fibrīna šķiedrām, kurās ir aizķērušās sarkanās asins šūnas. 114. lpp.
- Vielmaiņa notiek caur kapilāru sienām. No asinīm un audu šķidrums šūnas saņem barības vielas un atdod tiem vielmaiņas galaproduktus. 115. lpp.



Savvaļas zirgi skrien pa Patagonijas tuksnesi.

Visas dzīvnieku šūnas no apkārtējās vides saņem barības vielas un skābekli, bet izdala ogļskābo gāzi un citus vielmaiņas galaproduktus. Sikiem ūdensdzīvniekiem katra šūna veic tiešu vielu apmaiņu ar apkārtējo vidi. To nodrošina difūzija un plazmatiskās membrānas transporta mehānismi. Šādiem dzīvniekiem asinsrites sistēma nav nepieciešama.

Lielākiem un aktīvākiem dzīvniekiem vielmaiņu ar apkārtējo vidi nodrošina īpaši orgāni, kas atsevišķās ķermeņa daļās veido robežvirsmu šai apmaiņai. Šiem dzīvniekiem ir asinsrites orgānu sistēma. Sirds organismā sūknē šķidrumu uz visiem orgāniem. Asinsrites orgānu sistēma no šīm apmaiņas virsmām transportē barības vielas, gāzes un vielmaiņas galaproduktus uz visām organisma šūnām vai otrādi. Mugurkaulniekiem, piemēram, attēlā redzamajiem savvaļas zirgiem, asinsrite apgādā muskuļus ar glikozi un skābekli, kas ir nepieciešams ātram skrējienam.

Lielai daļai asinsrites sistēmu ir arī citas funkcijas. Tā palīdz nodrošināt homeostāzi. Piemēram, ja ir radies kāds neliels ievainojums, asins sarecēšana novērš ķermeņa šķidrums zudumus. Asinis satur fagocitāras šūnas, kas spēj likvidēt mikrobus un organismam svešas vielas. Daļa asins šūnu, ražojot antivielas, rada imunitāti.

6.1. Vielu pārvietošanās bezmugurkaulniekos

Viensūņiem virsmas laukums ir daudz lielāks par tilpumu. Līdz ar to gāzu, barības vielu un vielmaiņas galaproduktu maiņa ar ārējo vidi notiek difūzijas ceļā. Iekšējās transporta sistēmas nav arī daļai sīko daudzšūnu dzīvnieku. Viņu šūnas nepieciešamās vielas nesaņem difūzijas ceļā (6.1. att.). Lielākiem bezmugurkaulniekiem parasti ir asinsrites sistēma. Daļai dzīvnieku tā ir vaļēja, bet daļai – slēgta.

Bezmugurkaulnieki, kuriem ir dobums

Jūrasliliju (pieder pie zarndobumainiem) un planāriju (pieder pie plakantārpiem) ķermeņiem ir maisveida uzbūve (6.1. att. B un C). Šāds uzbūves tips palīdz iztikt bez asinsrites sistēmas. Jūraslilijām šūnas veido vai nu ārējo kārtu, vai arī gremošanas (gastrovaskulāro) dobumu. Līdz ar to katra šūna saskaras ar ūdeni un var neatkarīgi no citām šūnām veikt

gāzu apmaiņu un izvadīt atkritumvielas. Šūnas, kas veido gremošanas dobumu, ir pielāgotas barības sagremošanai. Šūnas difūzijas ceļā nodod barības vielas arī citām šūnām. Planārijām gremošanas dobums sastāv no trim zariem, kas caurauž nelielo, saplacināto ķermeni. Lai varētu saņemt pietiekami daudz barības vielu, katrai šūnai ir jāatrodas kāda gremošanas dobuma zara tuvumā. Arī šūnu elpošana un vielu izvide notiek difūzijas ceļā.

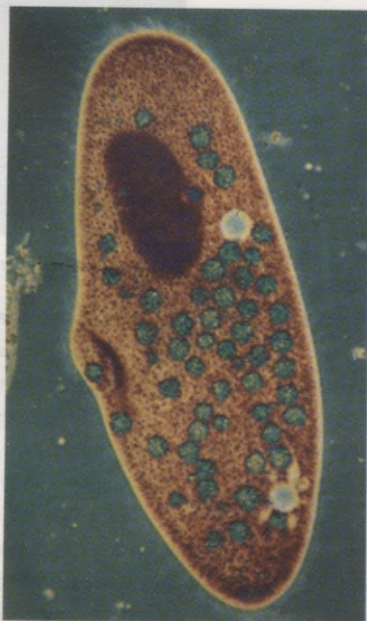
Bezmugurkaulnieki ar primāro ķermeņa dobumu (pseudocelomiskie bezmugurkaulnieki), piemēram, nematodes un adatādaini, vielu transportēšanai izmanto ķermeņa dobumā esošo šķidrumu.

Vaļēja un slēgta asinsrites sistēma

Visiem tiem dzīvniekiem, kuriem ir asinsrites sistēma, sirds pārvieto šķidrumu asinsvados. Ja šķidrums vienmēr atrodas asinsvados, tad tās ir asinis. Ja šķidrums ieplūst ķermeņa dobumā – hemocelā, tad to sauc par **hemolimfu**. Hemolimfa ir asiņu un starpšūnu šķidruma maisījums.

6.1. attēls. Ūdens organismi, kuriem nav asinsrites sistēmas

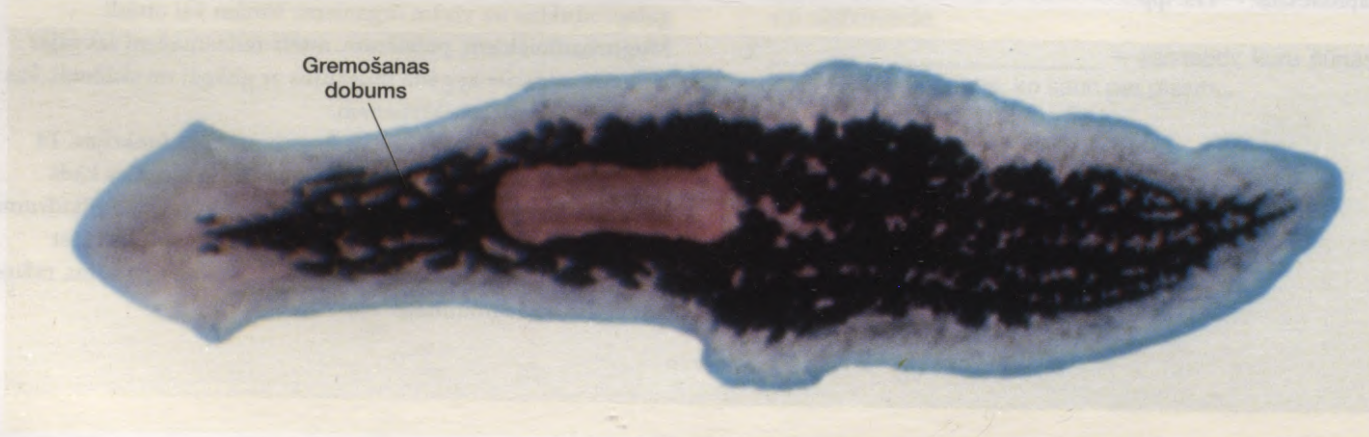
A. Tupelīte ir viensūnas dzīvnieks, kuram gāzu maiņa notiek caur ķermeņa virsmu. Barības daļiņas, kas ieplūst caur muti, tiek ietvertas gremošanas vakuolās (zaļās). Tur barība tiek sagremota. Citoplazmā no gremošanas vakuolām nonākušās barības vielu molekulas sadalās pa visu šūnu.
B. Jūraslilija (zarndobumainis) barību sagremo gremošanas dobumā. Tam ir cauruļveida forma, tāpēc to sauc par zarnas dobumu. Dobumā nonākusi barība kļūst pieejama šūnām, kas veido tā sienu. Šūnas skābekli saņem no ūdens, kas kopā ar barību nonāk dobumā, un izvada tajā vielmaiņas galaproduktus. **C.** Planārijai (plakantārps) gremošanas dobums zarojas un caurauž visu ķermeni. Tas piegādā barības vielas katrai šūnai. Vielu molekulas gan no gremošanas dobuma, gan no ārējās virsmas līdz katrai šūnai nonāk difūzijas ceļā.



A. Tupelīte (*Paramecium*) 20 μm



B. Jūraslilija (*Apotasia*)



C. Planārija (*Dugesia*)

200 μm

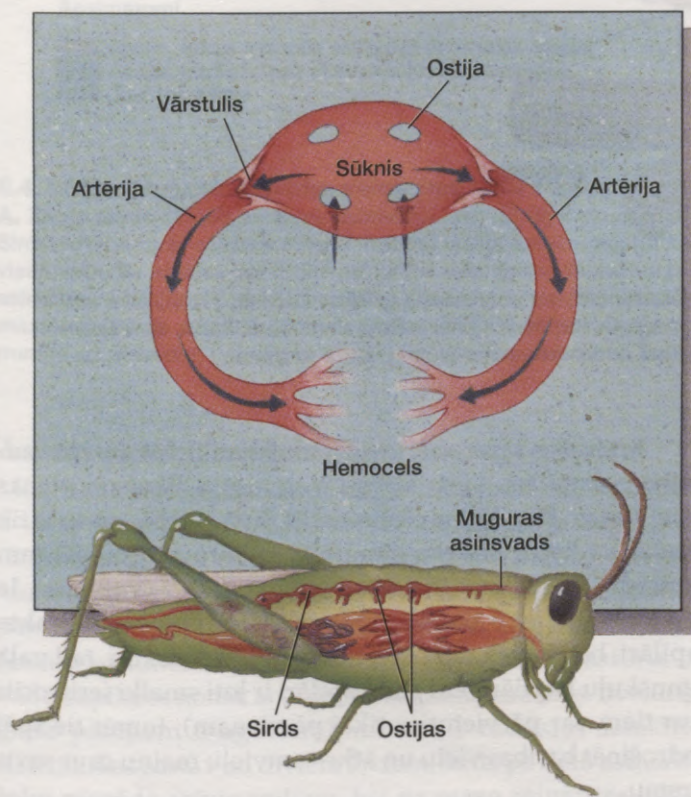
Hemolimfa ir dzīvniekiem, kuriem ir vaļēja asinsrites sistēma. Vairumam gliemju un posmkāju sirds sūknē hemolimfu caur asinsvadiem dobumos, kas atrodas starp audiem. Dažkārt šie dobumi veido paplašinātus sīnus (6.2. att. A). Pēc tam hemolimfa aizplūst atpakaļ uz sirdi. Sienāžiem mugurpusē novietotā sirds pumpē asinis muguras aortā, no kuras tās nonāk hemocelā. Kad sirds saraujas, tad atveres, kuras sauc par ostijām (*ostium*), ir aizvērtas. Kad sirds atslābst, hemolimfa caur ostijām ieplūst atpakaļ sirdī. Sienāžiem hemolimfa ir bezkrāsaina, jo tā nesatur hemoglobīnu vai kādu citu elpošanas pigmentu. Hemolimfa pārnēsā barības vielas, bet nepārnēsā skābekli. Skābekļa uzņemšana šūnās un oglekļa dioksīda izdalīšana no šūnām notiek pa gaisa ejām jeb trahejām. Tās atrodas visā ķermenī un efektīvi nodrošina gāzu maiņu, tajā pašā laikā pasargājot organismu no ūdens zuduma.

Dažiem bezmugurkaulniekiem, piemēram, sliekām (posmtārps), gliemjiem – astoņkājiem un kalmāriem, ir slēgta asinsrites sistēma. Viņiem asinis sastāv no asins šūnām un asins plazmas. Sirds tās pumpē pa asinsvadu

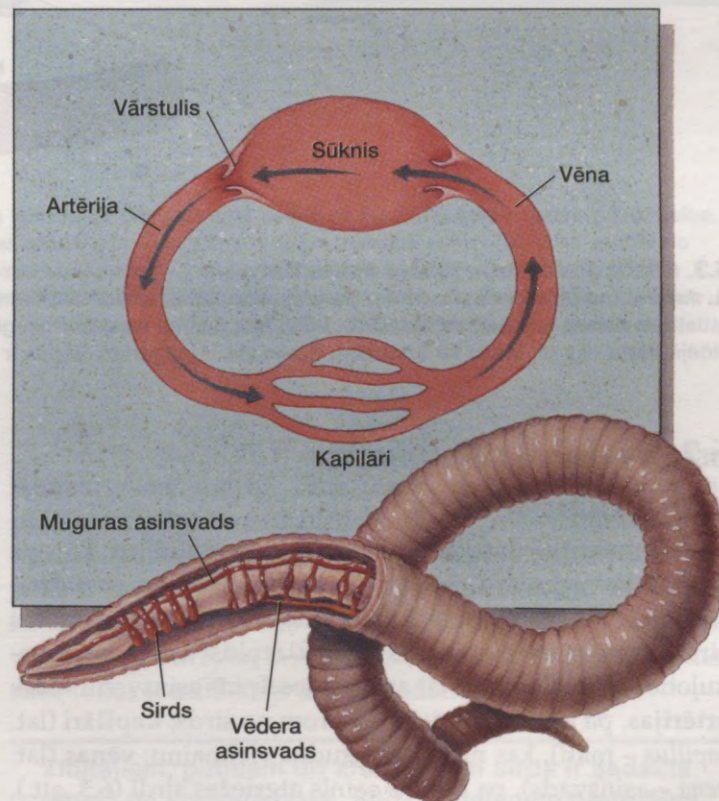
sistēmu (6.2. att. B). Vārstuļi nodrošina asiņu plūsmu tikai vienā virzienā. Sliekai ķermeņa priekšdaļā ir pieci sānos novietoti asinsvadi – “sirdis”, kas asinis pumpē vēdera artērijā. No vēdera asinsvada katrā sliekas segmentā atiet tā atzars. Asinis pa šiem atzariem nonāk kapilāros. Pēc tam asinis saplūst vēnās un pa muguras asinsvadu atgriežas sirdī, lai no jauna iesaistītos riņķojumā.

Sliekai ir sarkanās asinis, jo tajās ir elpošanas pigments hemoglobīns. Sliekām hemoglobīns ir izšķīdis asinīs un nav saistīts ar asins šūnām, kā tas ir mugurkaulniekiem. Sliekām nav īpašu norobežotu elpošanas orgānu, piemēram, plaušu, kas nodrošinātu gāzu maiņu ar apkārtējo vidi. Tāpēc gāzu maiņa notiek caur ķermeņa sienu, kurai vienmēr ir jābūt mitrai.

Tiem dzīvniekiem, kuriem ir gastrovaskulārais dobums, pa šo dobumu notiek vielu transports. Visiem pārējiem dzīvniekiem ir vaļēja vai slēgta asinsrites sistēma.



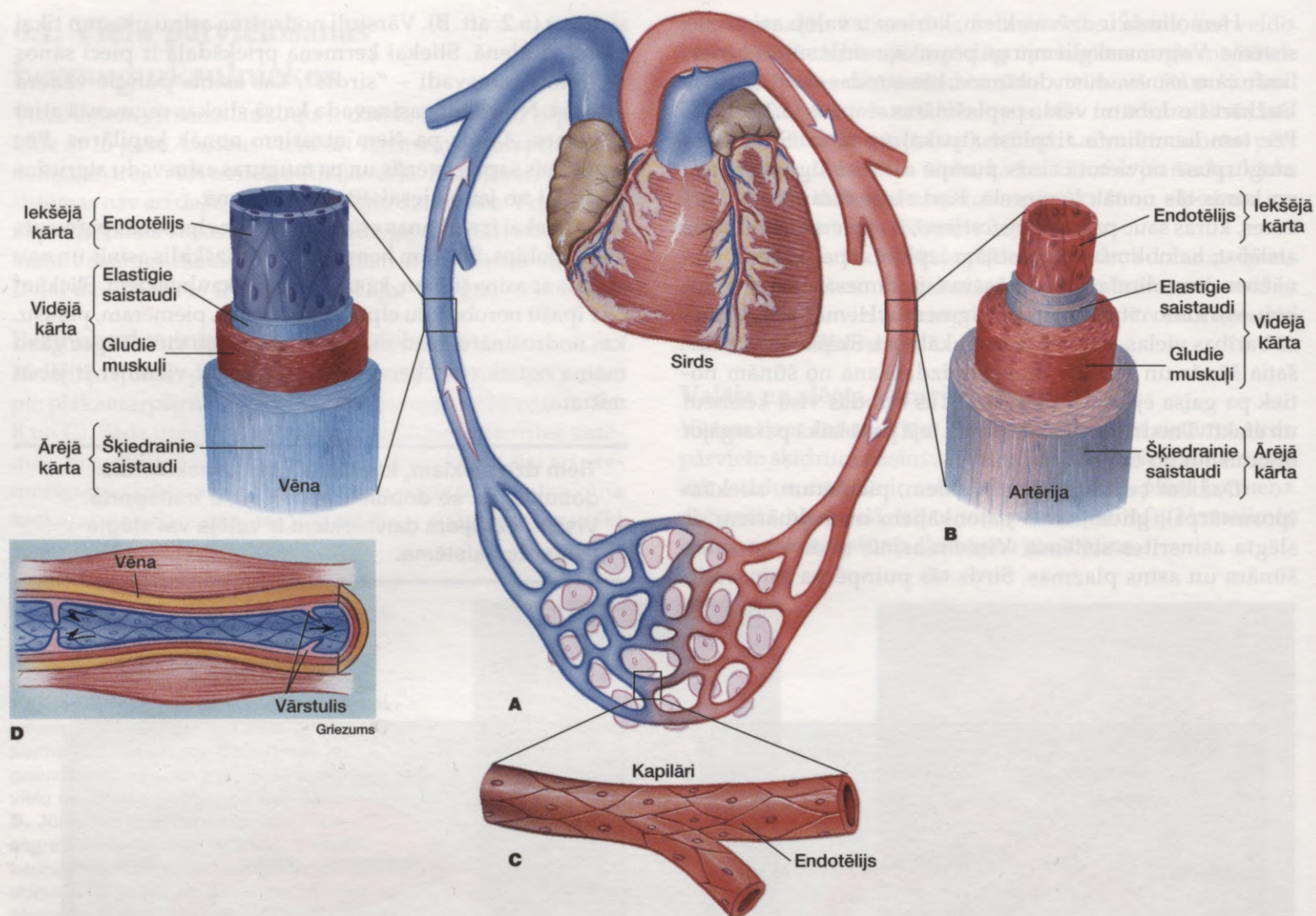
A. Vaļēja asinsrites sistēma



B. Slēgta asinsrites sistēma

6.2. attēls. Vaļēja un slēgta asinsrites sistēma

A. Sienāžim ir vaļēja asinsrites sistēma. Hemocels ir ķermeņa dobums, kas pildīts ar hemolimfu, kura apskalo iekšējos orgānus. Sirds nodrošina hemolimfas kustību. Šāda vaļēja asinsrites sistēma acimredzot nespēj pietiekami nodrošināt sienāža spārnu muskuļus ar skābekli, tāpēc muskuļi saņem skābekli tieši no trahejām. **B.** Sliekai ir slēgta asinsrites sistēma. Muguras un vēdera asinsvadus savieno pieci “sirds” pāri un asinsvadu atzari visā sliekas ķermenī.



6.3. attēls. Putnu un zīdītāju asinsrite

A. Asinis, kas plūst prom no sirds, pa artērijām nonāk arteriolās, tad – kapilāros, vēnulās un pa vēnām atgriežas sirdī. **B.** Artērijām ir labi attīstītas sienas ar biezu vidējo kārtu, ko veido elastīgi saistaudi un gludie muskuļi. **C.** Kapilāru sienai ir tikai viena šūnu kārtā. **D.** Vēnām vidējā kārtā nav tik bieza kā artērijām, tāpēc tās ir ļenganas. Vēnās ir vārstuļi, kas nodrošina asiņu plūsmu sirds virzienā.

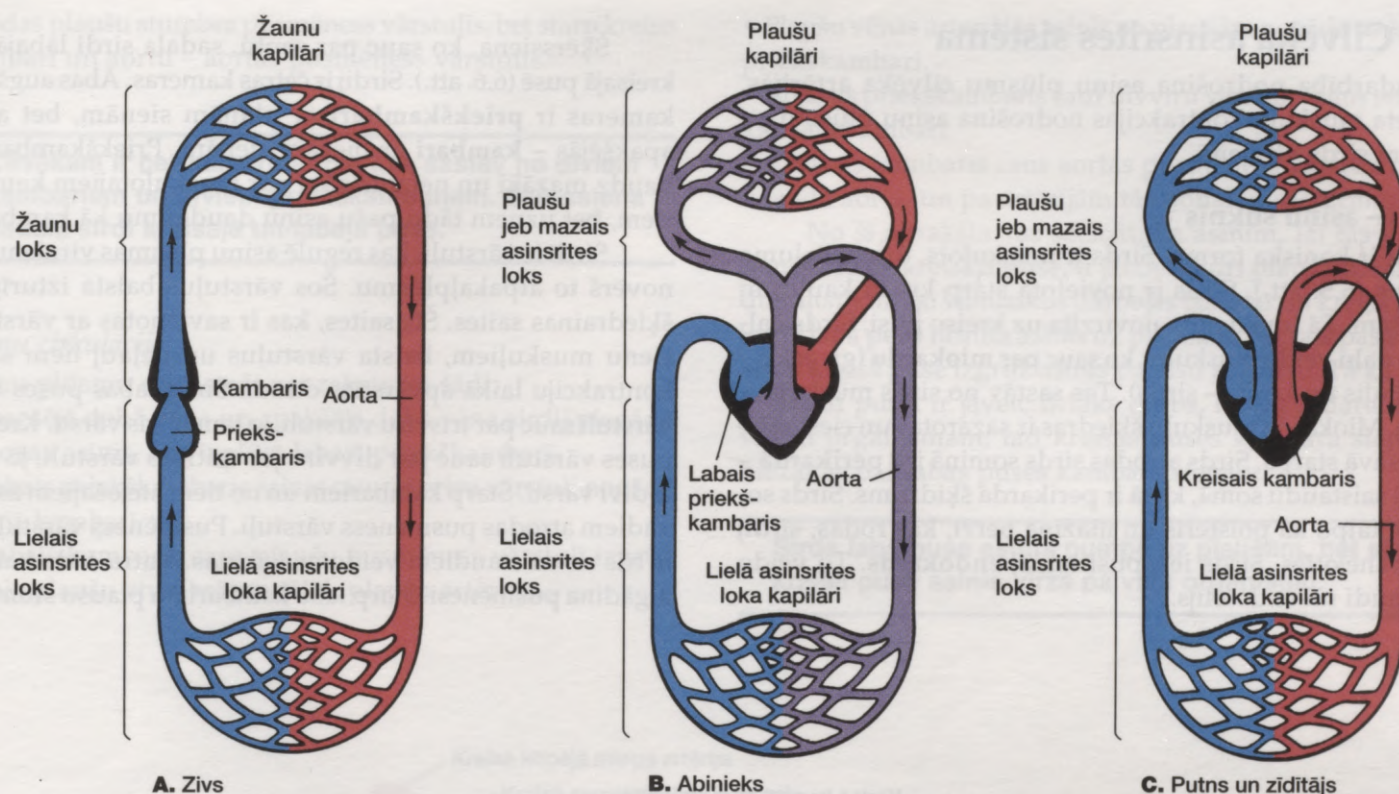
6.2. Vielu pārvietošanās mugurkaulniekos

Visiem mugurkaulniekiem ir slēgta asinsrites sistēma. To sauc par **kardiovaskulāro sistēmu** (gr. *kardia* – sirds, lat. *vascular* – trauks). Asinsrites sistēma sastāv no izturīgas, muskuļotas sirds, kuras priekškambaros (*atrium*) ieplūst asinis, bet muskuļotie kambari pumpē tās asinsvados. Ir trīs asinsvadu veidi: **artērijas**, pa kurām asinis plūst prom no sirds; **kapilāri** (lat. *capillus* – mati), kas nodrošina audos vielmaiņu; **vēnas** (lat. *vena* – asinsvads), pa kurām asinis atgriežas sirdī (6.3. att.).

Artērijas atiet no sirds. Tām ir biezas un elastīgas sienas. Tāpēc artērijas spēj izplesties un izturēt strauju asins daudzuma pieaugumu, kāds rodas pēc katra sirdspuksta. **Arteriolas** ir sīkas artērijas. To diametru regulē nervu sistēma. Arteriolu saraušanās un izplešanās ietekmē asinsspiedienu. Jo lielāks skaits asinsvadu ir atslābuši, jo zemāks ir asinsspiedienu.

Arteriolas sazarojas, un izveidojas mikroskopiskas caurulītes – kapilāri, kuru sienas ir veidotas tikai no vienas šūnu kārtas. Kapilāri ir cieši saistīti savā starpā, un to ir tik daudz, ka katru cilvēka šūnu ietver aptuveni 60–80 mm kapilāru. Vienlaikus ir atvērti aptuveni 5 % kapilāru. Ja dzīvnieks ir tikko paēdis, vaļā ir visi gremošanas trakta kapilāri, bet, ja tiek intensīvi nodarbināti muskuļi, tad vaļā ir muskuļu kapilāri. Lai gan kapilāri ir ļoti smalki (eritrocīti caur tiem var pārvietoties tikai pa vienam), tomēr tie spēj nodrošināt barības vielu un atkritumvielu maiņu caur savu virsmu.

Vēnulas un vēnas savāc asinis no kapilāriem un nogādā atpakaļ sirdī. Vēnulas uzņem asinis no kapilāriem. Tām apvienojoties, veidojas vēnas. Vēnu sienas ir daudz plānākas par artēriju sienām, jo tajās ir daudz zemāks asinsspiediens. Vārstuļi vēnās ir vērsti sirds virzienā. Tie noslēdzas un neļauj asinīm plūst atpakaļ (6.3. att. D).



Apzīmējumi

- Asinis, kurās ir daudz skābekļa (arteriālās asinis)
- Asinis, kurās ir maz skābekļa (venozās asinis)
- Jauktas asinis

6.4. attēls. Mugurkaulnieku asinsrites loku salīdzinājums

A. Zivīm asinis cirkulē pa vienu asinsrites loku. Sirdij ir priekškambaris un kambaris. Sirds pumpē asinis uz žaunām, kurās notiek gāzu maiņa. Sirdsdarbība rada asinsspiedienu, bet tas izzūd, asinīm plūstot caur žaunu kapilāriem. Tas ir būtiskākais trūkums asinsritei, kura sastāv no viena loka. **B.** Abiniekiem ir divi asinsrites loki. Sirds vienlaikus pumpē asinis abos lokos – plaušu jeb mazajā asinsrites lokā un lielajā asinsrites lokā. Tā kā sirds kambaris ir tikai viens, tad tajā arteriālās asinis nedaudz sajaucas ar venozajām asinīm. **C.** Putniem un zīdītājiem mazais un lielais asinsrites loks ir pilnībā nošķirts viens no otra, jo sirds ar šķērssienu ir sadalīta labajā un kreisajā pusē. Labā puse asinis pumpē uz plaušām, bet kreisā puse – uz pārējām organisma daļām.

Asinsrites loku salīdzinājums

Mugurkaulniekiem ir trīs atšķirīgas asinsrites sistēmas. Zivīm ir viens asinsrites loks (6.4. att. A). Sirds kambara kontrakcijas nodrošina augstu asinsspiedienu un asiņu piegādi žaunām, kur tās tiek oksidētas. Virzoties cauri žaunām, asinsspiediens pazeminās un plūsmas ātrums samazinās. Šajā asinsrites lokā žaunas vienmēr saņem asinis ar mazu skābekļa saturu, bet audu kapilāros nonāk ar skābekli bagātinātas asinis. Evolūcijas gaitā pārējiem mugurkaulniekiem ir radusies asinsrites sistēma, kas sastāv no diviem lokiem. Sirds pa **lielo asinsrites loku** piegādā asinis audiem, bet pa **mazo asinsrites loku** – plaušām. Šāda asinsrites sistēma ir izveidojusies, dzīvniekiem pielāgojoties dzīvei uz sauszemes un gaisa skābekļa elpošanai.

Abinieku sirdij ir divi priekškambari, bet tikai viens kambaris (6.4. att. B). Tāda pati sirds ir arī daudziem rāpuļiem, vienīgi viņiem sirds kambarī sāk veidoties šķērssiens. Rāpuļiem (krokodiliem), visiem putniem un zīdītājiem sirds ir sadalīta labajā un kreisajā pusē (6.4. att. C). Labais kambaris pumpē asinis uz plaušām, bet kreisais kambaris virza tās uz pārējām ķermeņa daļām. Līdz ar to abos asinsrites lokos ir atbilstošs asinsspiediens.

Zīdītājiem, putniem un krokodilim sirds ir sadalīta labajā un kreisajā pusē. Šāds sadalījums nodrošina atbilstošu asinsspiedienu abos asinsrites lokos.

6.3. Cilvēka asinsrites sistēma

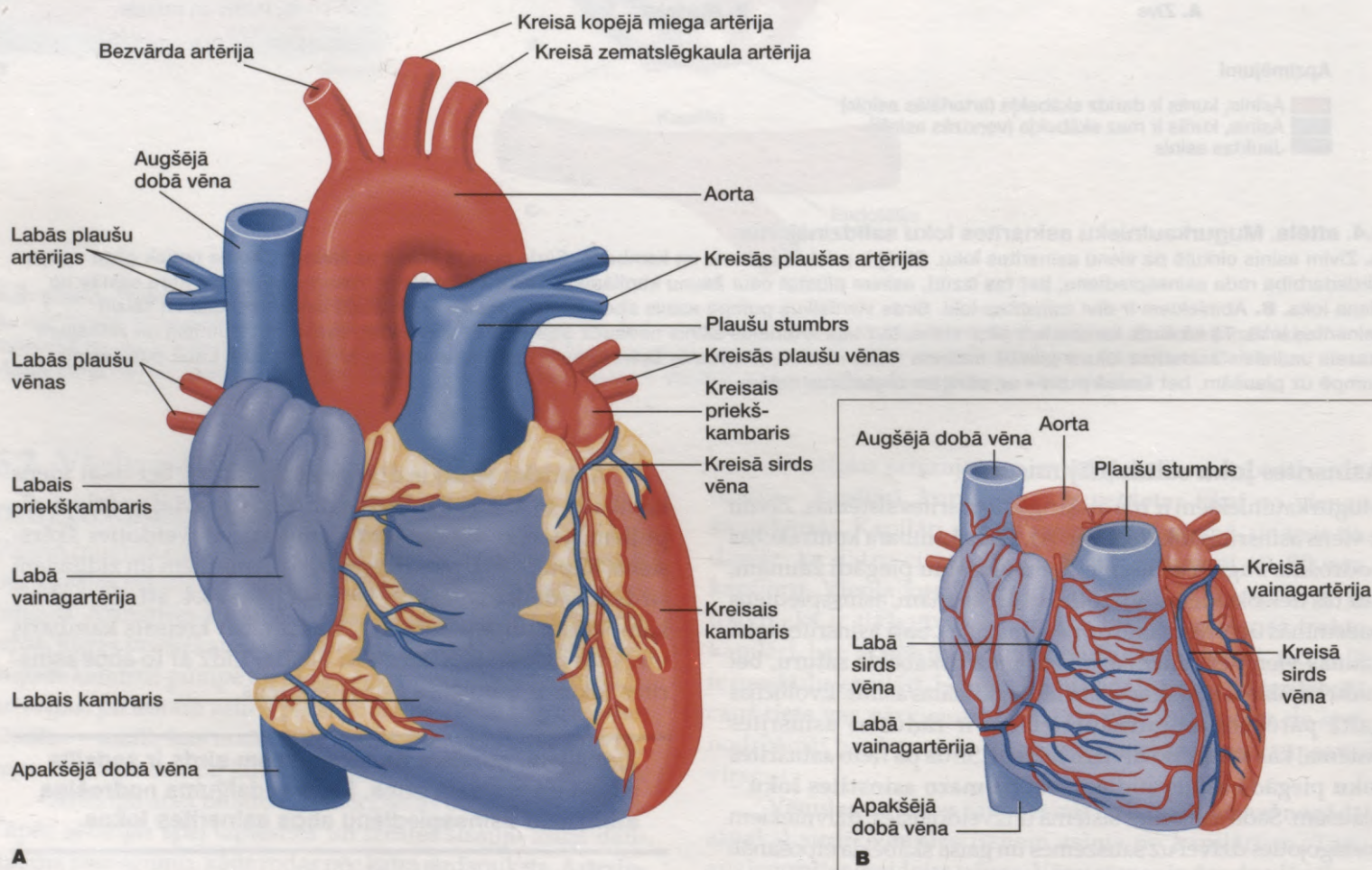
Sirds darbība nodrošina asiņu plūsmu cilvēka artērijās. Skeleta muskuļu kontrakcijas nodrošina asiņu plūsmu pa vēnām sirds virzienā.

Sirds – asiņu sūknis

Sirdij ir koniska forma. Sirds ir muskuļots, dūres lieluma orgāns (6.5. att.). Sirds ir novietota starp krūšu kaulu un plaušām. Tā ir nedaudz novirzīta uz kreiso pusi. Sirds galveno daļu veido muskulis, ko sauc par **miokardu** (gr. *myos* – muskulis un *kardia* – sirds). Tas sastāv no sirds muskuļaudiem. Miokarda muskuļu šķiedras ir sazarotas un cieši saistītas savā starpā. Sirds atrodas sirds somiņā jeb **perikardā** – biezā saistaudu somā, kurā ir perikarda šķidrums. Sirds somiņa kalpo kā polsteris un mazina berzi, kas rodas, sirdij kontrakējoties. Sirds iekšpusi izklāj **endokards**. To veido saistaudi un endotēlijs.

Šķērssienu, ko sauc par septu, sadala sirdi labajā un kreisajā pusē (6.6. att.). Sirdij ir četras kameras. Abas augšējās kameras ir **priekškambari** ar plānām sienām, bet abas apakšējās – **kambari** ar biežām sienām. Priekškambari ir daudz mazāki un neizturīgāki par muskuļotajiem kambariem, bet uzņēm tādu pašu asiņu daudzumu kā kambari.

Sirdi ir vārstuļi, kas regulē asiņu plūsmas virzienu un novērš to atpakaļplūsmu. Šos vārstuļus balsta izturīgas, šķiedrainas saites. Šīs saites, kas ir savienotas ar vārstuļu sienu muskuļiem, balsta vārstuļus un neļauj tiem sirds kontrakciju laikā apvērsties otrādi. Sirds labās puses viru vārstuļi sauc par trīsviru vārstuļi, jo tam ir trīs vārsti. Kreisās puses vārstuļi sauc par divviru jeb mitrālo vārstuļi, jo tam ir divi vārsti. Starp kambariem un no tiem atejošajiem asinsvadiem atrodas pūsmēness vārstuļi. Pūsmēness vārstuļiem ir trīs no saistaudiem veidotas kabatas. Katra šāda kabata atgādina pūsmēnesi. Starp labo kambari un plaušu stumbru



6.5. attēls. Sirds ārējā uzbūve

A. No ķermeņa venozās asinis atgriežas sirds labajā pusē pa dobajām vēnām, bet plaušu artērijās šīs asinis nogādā plaušās. Plaušu vēnas piegādā sirds kreisajai pusei arteriālas asinis, bet aorta tās aizvada no sirds visam organismam. **B.** Vainagartērijas un sirds vēnas apasiņo sirds muskuli. Sirds muskulis skābekli nevar saņemt no asinīm, kas plūst cauri sirdij. Tas skābekli iegūst no vainagartērijām.

atrodas plaušu stumbra pusmēness vārstulis, bet starp kreiso kambari un aortu – aortas pusmēness vārstulis.

Cilvēkam ir četrkameru sirds, kas sastāv no diviem kambariem un diviem priekškambariem. Šķērssiens sadala sirdi kreisajā un labajā pusē.

Asiņu cirkulācija

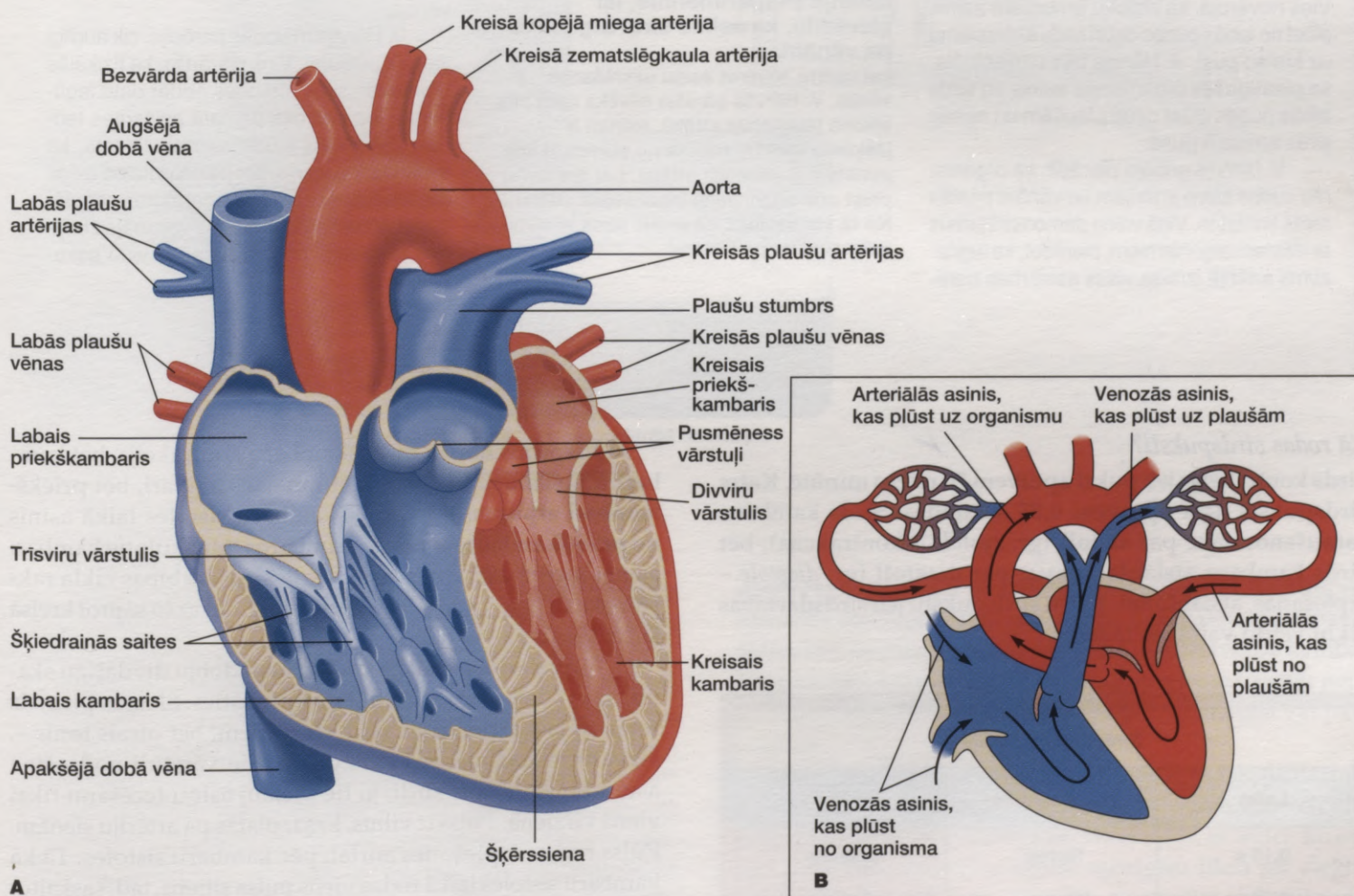
Asiņu plūsmu caur sirdi var raksturot šādi.

- Augšējā dobā vēna un apakšējā dobā vēna sirdij piegādā venozas asinis, kas ieplūst labajā priekškambarī.
- Labais priekškambaris asinis caur trīsviru vārstuli nogādā labajā kambarī.
- Labais kambaris caur plaušu pusmēness vārstuli izgrūž asinis plaušu stumbrā un tālāk plaušu artērijās.

- Plaušu vēnas arteriālās asinis no plaušām nogādā uz kreiso priekškambari.
- Kreisais priekškambaris caur divviru vārstuli asinis nogādā kreisajā kambarī.
- Kreisais kambaris caur aortas pusmēness vārstuli asinis nogādā aortā, un pa artērijām tās nonāk visā ķermenī.

No šī apraksta var secināt, ka asinīm, lai tās varētu nonākt sirds kreisajā pusē, ir jāiziet cauri plaušām. Sirds ir dubultsūknis, jo vienlaikus darbojas tās labā un kreisā puse. Sirds labā puse nosūta asinis uz plaušām, bet tajā pašā laikā sirds kreisā puse izgrūž asinis pa visu ķermeni. Tā kā sirds kreisajai pusei ir jāveic lielāks darbs, lai piegādātu asinis visam organismam, tad kreisās puses kambara sienas ir biezākas par labās puses kambara sienām.

Sirds labā puse asinis pumpē uz plaušām, bet sirds kreisā puse asinis virza pa visu organismu.



6.6. attēls. Sirds iekšējā uzbūve

A. Sirds labajā pusē ir venozās asinis, kurās ir maz skābekļa, bet kreisajā pusē ir arteriālās asinis, kas satur daudz skābekļa. **B.** Shēmā ir parādīts, kā sirds nodrošina asiņu plūsmu organismā. Labajā pusē ir dobā vēna, labais kambaris, labais priekškambaris un plaušu artērijas. Kreisajā pusē ir plaušu vēnas, kreisais priekškambaris, kreisais kambaris un aorta.

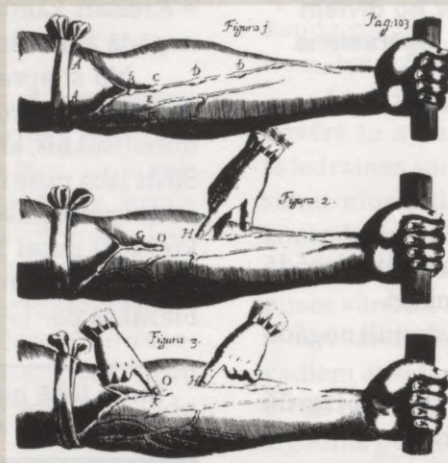
Uzziniet tuvāk

► Kā Viljams Hārvijs atklāja asinsrites sistēmu

Viljams Hārvijs (1578–1657) pirmais pierādīja, ka cilvēka un dzīvnieku organismā asinis riņķo. V. Hārvijs bija septiņpadsmitā gadsimta angļu zinātnieks. Šis laiks ir nosaukts par zinātnes atdzimšanas laiku, jo tad atjaunojās interese par faktu vākšanu, hipotēžu izvirzīšanu un eksperimentu veikšanu, kā arī par matemātiku.

Pēc daudziem studiju un pētnieciskā darba gadiem V. Hārvijs izvirzīja hipotēzi, ka sirds ir visas asinsrites sistēmas sūknis un ka asinis visu laiku riņķo. Atšķirībā no saviem priekšgājējiem viņš preparēja ne tikai mirušus, bet arī dzīvus organismus. Zinātnieks novēroja, ka, sirdij sitoties, tā saraujas un izgrūž asinis aortā. Vai šis asinis plūst no sirds labās puses? Pētot zivis, zinātnieks novēroja, ka sirds vispirms saņem asinis un tad pumpē tās projām. Viņš novēroja, ka zīdītāju embrijiem asinis plūst no labās puses cauri sirds šķērssienei uz kreiso pusi. V. Hārvijs bija pārliecināts, ka pieaugušos organismos asinis no sirds labās puses plūst cauri plaušām un nonāk sirds kreisajā pusē.

V. Hārvijs gribēja pierādīt, ka organisma audos starp artērijām un vēnām pastāv ciešs kontakts. Viņš veica demonstrējumus ar dzīviem organismiem, pierādot, ka iegriezums artērijā izraisa visas asinsrites sistē-



6.A attēls. Viljama Hārvijs zīmējumos redzams, kā viņš izdarīja eksperimentus, lai pierādītu, ka asinis sirdī atgriežas pa vēnām.

Lai varētu novērot asiņu uzkrāšanos vēnās, V. Hārvijs pārsēja cilvēka roku virs elkoņa (augšējais attēls). Asinīm ir jāšķērso vārstuļi posmā no punkta H līdz punktam O (vidējais attēls), bet tās nevar plūst pretējā virzienā (apakšējais attēls). No tā var secināt, ka asinis sirds virzienā parasti plūst pa vēnām.

mas iztukšošanas, ieskaitot visas vēnas un pārējās artērijas. Viņš izmērija, ka cilvēka sirds kreisajā kambarī ietilpst aptuveni 57 g asiņu. Tā kā sirds pukst 70 reizes minūtē, vienas stundas laikā kreisais kambaris aortā izgrūž $70 \times 60 \times 57 = 239\,400$ g (239,4 kg) asiņu jeb aptuveni trīs reizes vairāk, nekā cilvēks pats sver. Vai ir iespējams katru stundu radīt un iztērēt tik daudz asiņu? Nē! Tātad tām pašām asinīm ir atkārtoti jāatgriežas sirdī.

Zinātnieks izpētīja arī vēnu vārstuļus un izskaidroja, kādiem mērķiem tie kalpo. Viņš demonstrēja, ka ciešs rokas apsējs izraisa artērijas satūkumu sirds pusē, bet nedaudz vaļīgāks pārsējs rada pretējās puses vēnu satūkumu (6.A att.). Šis demonstrējums acīmredzami pierādīja, ka pastāv nepārtraukta asiņu plūsma no artērijām vēnās.

V. Hārvijs metodes parādīja, cik auglīgi var būt pētījumi. Viņš pierādīja, ka fizikālās un mehāniskās metodes nodar datu iegūšanai. Šie dati bija pamatā asinsrites teorijai. Zinātnieks kļūdījās, uzskatīdams, ka sirds sasilda asinis, bet plaušas kalpo asiņu atdzesēšanai vai to temperatūras regulēšanai. Viņa darba metodes veicināja zinātnes revolūciju un bija paraugs viņa sekotājiem.

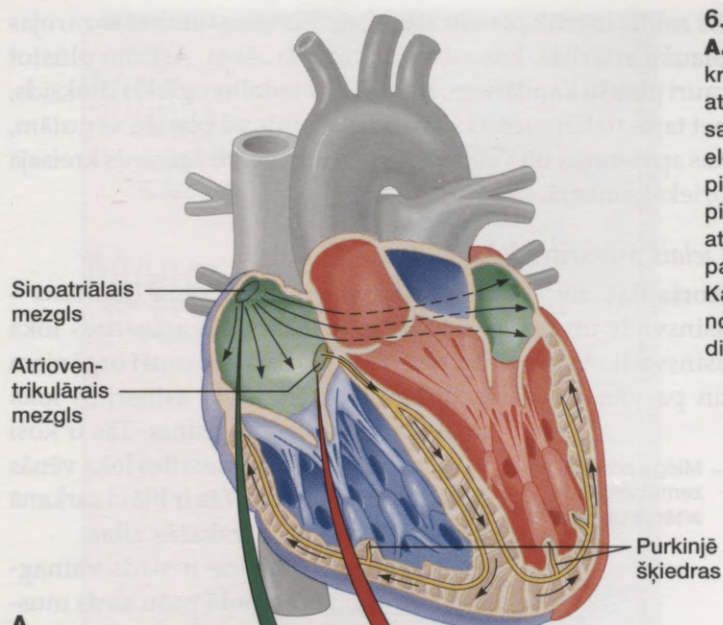
Kā rodas sirdspuksti?

Sirds kontrahējas jeb pukst aptuveni 70 reizes minūtē. Katrs sirdspuksts ilgst aptuveni 0,85 sekundes. Sirds kambaru saraušanos sauc par **sistoli** (gr. *systole* – kontrakcija), bet sirds kambaru atslābšanu sauc par **diastoli** (gr. *diastole* – izplešanās, atslābšana). Katru sirdspukstu jeb sirds darbības ciklu veido vairākas fāzes.

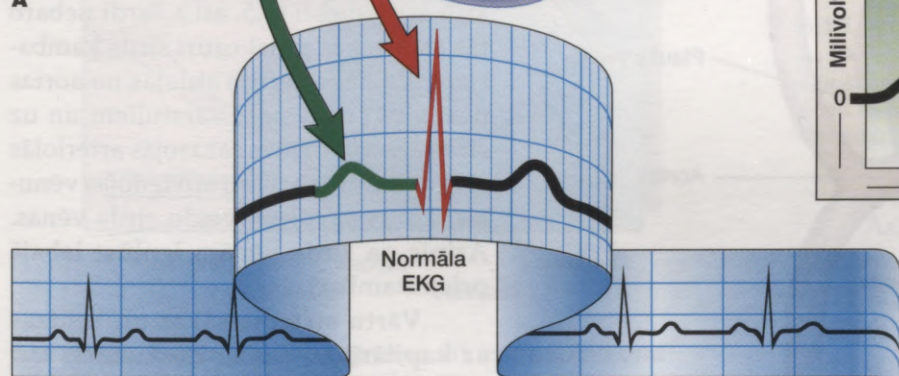
Sirds darbības cikls		
Laiks	Priekškambari	Kambari
0,15 s	Sistole	Diastole
0,30 s	Diastole	Sistole
0,40 s	Diastole	Diastole

Vispirms notiek priekškambaru kontrakcija, bet kambari ir atslābuši. Pēc tam kontrahējas kambari, bet priekškambari atpūšas. Īsās priekškambaru sistoles laikā asinis no priekškambariem nonāk kambaros. Muskuļotie kambari asinis izgrūž asinsrites sistēmā. Ja sirds darbības cikla raksturošanai lieto vienīgi jēdzienu sistole, tad ar to saprot kreisā sirds kambara sistoli.

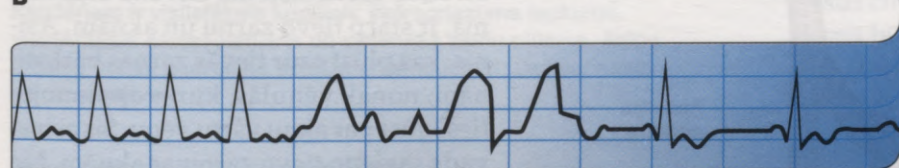
Sirds darbības laikā var saklausīt dobru divdaļīgu skaņu, kas rodas, sirds vārstuļiem aizveroties. Skaņas pirmais tonis rodas, aizveroties viru vārstuļiem, bet otrais tonis –, aizveroties pusmēness vārstuļiem. Šie vārstuļi nodrošina asiņu plūsmu caur sirdi, jo tie pieļauj asiņu tecēšanu tikai vienā virzienā. Pulss ir vilnis, kas izplatās pa artēriju sienām. Pulss rodas, izplešoties aortai, pēc kambaru sistoles. Tā kā kambaru sistoles laikā rodas viens pulsa sitiens, tad, saskaitot pulsu, var noteikt sirds darbības ātrumu.



A



B



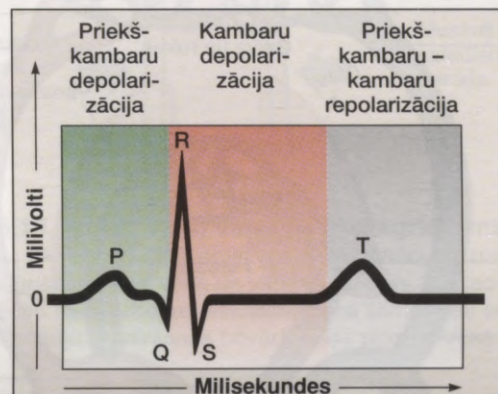
C

Tahikardija Kambaru mirgošana Mitrālā stenoze

Elektrokardiogrammas ar novirzēm no normas

6.7. attēls. Sirdsdarbības cikla reģistrācija

A. Sinoatriālais mezgls sūta impulsus (melnās bultiņas), kuri izraisa labā un kreisā priekškambara saraušanos. Kad šie impulsi sasniedz atrioventrikulāros mezglus, tad kambari ar Purkinjē šķiedru starpniecību saņem signālu un kontrahējas. **B.** Par pareizu sirdsdarbību liecina normāla elektrokardiogramma (EKG). Vilnis P raksturo uzbudinājumu, kas rodas tieši pirms priekškambaru kontrakcijas. Nākamais vilnis jeb QRS vilnis rodas tieši pirms kambaru kontrakcijas. Trešais jeb T vilnis nāk tieši pirms kambaru atslābšanas. **C.** Elektrokardiogramma ar novirzēm no normas. Tahikardija ir paātrināta sirdsdarbība, kas rodas, ja ir bieži sinoatriālā mezgla signāli. Kambaru mirgošana (mirgošanas aritmija) ir neregulāra sirdsdarbība, kas notiek kambaru neregulāras stimulācijas dēļ. Mitrālā stenoze rodas, ja ir divviru jeb mitrālā vārstuļa aizsprostojums.



Sirdsdarbība ir automātiska. Tas nozīmē, ka sirds darbojas neatkarīgi no nervu stimuliem. Tāpēc ir iespējams izņemt nelielu sirdi, piemēram, vārdes sirdi, un novērot, kā tā pukst Petri platē. Tas notiek tāpēc, ka sirdī ir audi (centrālais mezgls), kuriem piemīt gan muskuļaudu, gan nervaudu īpašības, un tie atrodas divās sirds vietās. Viens no tiem – sinoatriālais mezgls – atrodas labā priekškambara mugurējās sienas augšējā daļā, otrs – atrioventrikulārais mezgls – ir labā priekškambara pamatnē ļoti tuvu pie sirds šķērssienas (6.7. att. A). Sinoatriālais mezgls ir sirdsdarbības ierosinātājs. Ik pēc katrām 0,85 sekundēm tas automātiski novada uzbudinājuma impulsus, kas izraisa priekškambaru kontrakcijas. Sinoatriālo mezglu sauc par sirdsdarbības ritma

noteicēju, jo tas uztur sirdsdarbības regularitāti. Kad impulss sasniedz atrioventrikulāro mezglu, tad, pateicoties īpašām šķiedrām, šis mezgls novada impulsus, kuri izraisa kambaru kontrakcijas. Lai gan sirds darbojas automātiski, tomēr nervu sistēmas ietekmē sirdsdarbība var pastiprināties vai pavājināties.

Jebkuru muskuļu darbība, arī sirds muskuļa darbība, veicina jonu maiņu. To var reģistrēt ar ierīcēm, kas veic elektrisko pierakstu. Pētot sirdsdarbības ciklu ar ierīci, ko sauc par elektrokardiogrāfu, iegūst sarežģītu līkni jeb elektrokardiogrammu (6.7. att. B un C). Analizējot elektrokardiogrammu, var uzzināt, vai sirdsdarbība atbilst normai vai arī tā ir neregulāra.

Asinsvadi pārvada asinis

Cilvēka asinsrites sistēmai ir divi loki – mazais jeb plaušu asinsrites loks (lat. *pulmonarius* – no plaušām) un lielais asinsrites loks (6.8. att.).

Mazais asinsrites loks

Venozās asinis, kas no visa organisma saplūst labajā priekškambarī, pēc tam nonāk labajā kambarī. Labais kambaris

šis asinis izgrūž plaušu stumbrā. Plaušu stumbrs sazarojas plaušu artērijās, kas asinis nes uz plaušām. Asinīm plūstot cauri plaušu kapilāriem, no tām tiek izdalīts oglekļa dioksīds, bet tajās tiek uzņemts skābeklis. Asinis pa plaušu vēnulām, kas apvienojas un veido plaušu vēnas, atgriežas sirds kreisajā priekškambarī.

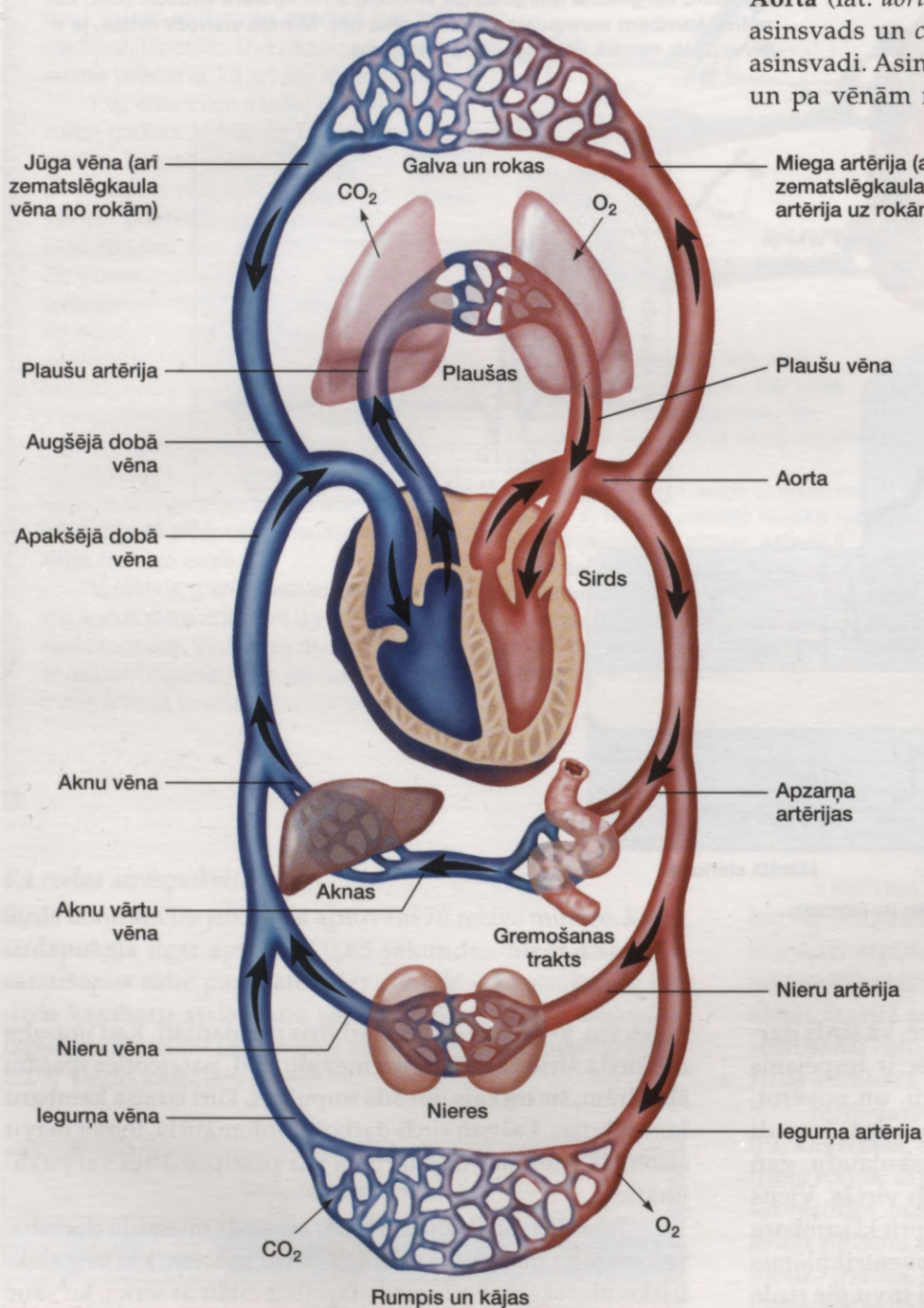
Lielais asinsrites loks

Aorta (lat. *aorte* – liela artērija) un **dobā vēna** (lat. *vena* – asinsvads un *cavus* – dobs) ir lielākie lielā asinsrites loka asinsvadi. Asinis plūst pa aortu, tās zariem, cauri orgāniem un pa vēnām nonāk dobajās vēnās. Lielā asinsrites loka artērijās rit arteriālās asinis. Tās ir koši sarkanā krāsā. Lielā asinsrites loka vēnās plūst venozās asinis. Tās ir blāvi sarkanā krāsā un caur ādu izskatās zilas.

Ļoti liela nozīme ir sirds vainagartērijām, jo tās apgādā pašu sirds muskuli ar skābekli (6.5. att.). Sirdi nebaro tās asinis, kas plūst cauri sirds kambariem. Vainagartērijas atdalās no aortas tieši virs pusmēness vārstuļiem un uz sirds ārējās virsmas sazarojas arteriolās un kapilāros. Kapilāri apvienojas vēnulās, kuras savukārt veido sirds vēnas. Asinis pa sirds vēnām ieplūst labajā priekškambarī.

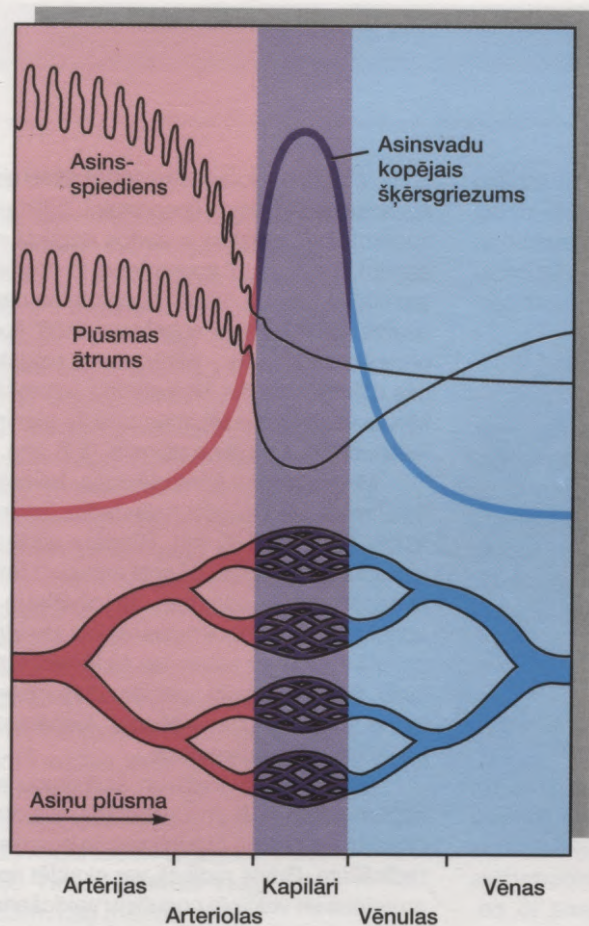
Vārtu sistēma sākas un beidzas ar kapilāriem. Viena no vietām, kur atrodas vārtu sistēma cilvēka organismā, ir starp tievo zarnu un aknām. Asinis, kas plūst caur tievās zarnas bārkstiņām, nonāk vēnulās, kuras apvienojoties kļūst par aknu vārtu vēnu. Šis asinsvads savieno tievo zarnu ar aknām. No aknām atiet aknu vēna, kas nonāk apakšējā dobajā vēnā.

Mazais asinsrites loks uzņem venozās asinis un nogādā tās plaušās, bet arteriālās asinis no plaušām aizvada uz sirdi. Lielais asinsrites loks sākas ar aortu un beidzas ar dobajām vēnām. Tas apgādā ar asinīm visu organismu.



6.8. attēls. Asiņu plūsma

Lai asinis varētu nokļūt no labās sirds puses uz kreiso sirds pusi, tām ir jāizplūst cauri plaušām. Lai asinis no gremošanas trakta kapilāriem nonāktu sirds labajā priekškambarī, tām ir jāizplūst caur aknu vārtu vēnu un aknu vēnu. Pa asinsvadiem, kuri ir iekrāsoti zilā krāsā, iet venozās asinis, bet pa sarkanā krāsā iekrāsotajiem asinsvadiem tek arteriālās asinis. Bultas norāda asiņu plūsmas virzienu.

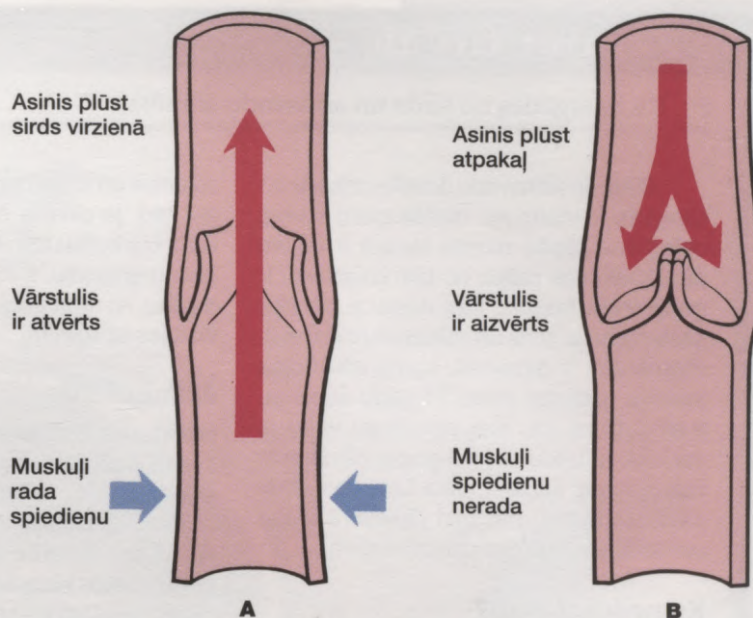


6.9. attēls. Asiņu plūsmas ātrums un asinsspiediena atkarība no asinsvadu šķērsgriezuma

Kapilāriem ir vislielākais kopējais šķērsgriezuma laukums, vismazākais asinsspiediens un vislēnākā asiņu plūsma. Asiņu plūsmu vēnās nodrošina skeleta muskuļu kontrakcijas, nevis asinsspiediens.

Kā pazeminās asinsspiediens

Sirds kreisā kambara kontrakcijas rada augstu spiedienu, kā rezultātā asinis ieplūst lielajā asinsrites lokā. Kambaru sistoles jeb saraušanās laikā asinis nonāk artērijās un rodas **sistoliskais spiediens**. **Diastoliskais spiediens** ir asinsspiediens, kas rodas artērijās kambaru diastoles jeb atslābuma laikā. Cilvēkam asinsspiedienu mēra ar sfigmomanometru. Tam ir spiedoša aprobe, ar kuras palīdzību var apturēt asins plūsmu artērijā. Parasti asinsspiedienu mēra pleca artērijā, kura atrodas augšdelmā. Spiedienu izsaka dzīvsudraba stabiņa milimetros (mm Hg). Asinsspiedienu nolasa šādi: 120 mm Hg/80 mm Hg. Pirmais skaitlis norāda sistolisko spiedienu, otrais – diastolisko spiedienu.



6.10. attēls. Vēnu vārstuļa šķērsgriezums

A. Skeleta muskuļi spiež uz vēnu sienām. Rezultātā palielinās asinsspiediens vēnā un vārstuļi atveras. **B.** Kad ārējais spiediens uz vēnu neiedarbojas, asinsspiediens samazinās un vārstuļi aizveras. Vārstuļu aizvēršanās novērš asiņu plūsmu vēnā pretējā virzienā.

Asinīm plūstot no aortas dažādās artērijās un arteriolās, asinsspiediens pakāpeniski kritas. Samazinās arī starpība starp sistolisko un diastolisko spiedienu. Kapilāros asiņu plūsma ir ļoti lēna. Tas izskaidrojams ar ļoti lielo kapilāru kopējo šķērsgriezuma laukumu (6.9. att.). Ir aprēķināts: ja visus cilvēka asinsvadus savienotu vienā virknē, to kopgarums būtu divreiz lielāks nekā zemeslodes apkārtmērs pa ekvatoru, tātad tas būtu aptuveni 96 000 km. Lielāko kopgaruma daļu veido kapilāri.

Asinsspiediens vēnās ir zems, un tas nevar virzīt asinis atpakaļ uz sirdi, it īpaši no rokām un kājām. Ap vēnām esošie skeleta muskuļi kontrahējoties rada spiedienu uz elastīgajām vēnām un tajās esošajām asinīm. Vēnās ir vārstuļi, kas neļauj asinīm plūst atpakaļ, tāpēc muskuļu radītais spiediens spēj aizvadīt asinis līdz sirdij (6.10. att.). **Vēnu varikozē** ir slimība, kad uz āru izspiežas zemādas vēnas. Slimība rodas, ja vēnu vārstuļi kļūst vāji un nespēj pretoties asiņu spiedienam.

Sirds kontrakcijas rada spiedienu, kas nodrošina asiņu plūsmu pa artērijām, bet skeleta muskuļu kontrakcijas asinis virza pa vēnām uz sirdi.

Uzziniet tuvāk

► Kā izsargāties no sirds un asinsvadu slimībām

Sirds un asinsvadu (kardiovaskulārās) slimības ir viens no biežākajiem nāves cēloņiem, tāpēc mums visiem ir jāveic pasākumi, kas palīdz no tām izvairīties. Ir ģenētiskie faktori, kas nosaka cilvēku saslimstību ar sirds un asinsvadu slimībām. Piemēram, ir ģimenes, kurās atkārtojas infarkta gadījumi pirms 55 gadu vecuma. Ir arī slimības, kas skar, piemēram, vīriešus vai kādu noteiktu etnisko grupu. Cilvēkiem, kas pakļauti šādiem riska faktoriem, nav jākrīt izmisumā, bet gan jāpievērš īpaša uzmanība veselīgam dzīvesveidam.

Ko nedrīkst darīt?

Smēķēšana un narkotisko vielu lietošana

Hipertoniya (paaugstināts asinsspiediens) ir viena no galvenajām sirds un asinsvadu slimību veicinātājām. Ja cilvēks smēķē, cigaretēs esošais nikotīns nonāk asinsritē. Nikotīns sašaurina arteriolas, un asinsspiediens paaugstinās. Lielai daļai smēķētāju bieži vien ir apgrūtināta asinsrite un ir aukstas rokas. Smēķētāja sirdij ir jāstrādā smagāk, lai, pumpējot asinis caur plaušām, apgādātu organismu ar skābekli, jo asiņu spēja pārnest skābekli ir mazinājusies.

Stimulatori, piemēram, kokaīns un amfetamīns, var radīt sirds darbības ritma traucējumus un izraisīt sirdslēkmi vai sirdstrieku pat tad, ja cilvēks narkotikas lieto pirmo reizi. Narkotiku injicēšana var izraisīt smadzeņu emboliju, t. i., asinsvadu aizsprostojumu, ko rada svešas daļiņas, kuras pārvielojas ar asinīm.

Aptaukošanās

Aptaukošanās

Hipertoniya visbiežāk ir cilvēkiem ar lieko svaru, īpaši tiem, kuru svars par 20 % pārsniedz normu. Šādos gadījumos sirdij ar skābekli jāapgādā vairāk audu un ar lielu spiedienu jāizgrūž laukā no sirds vairāk asiņu. Liekos kilogramus nomest nav viegli, tāpēc cilvēkam visu mūžu ir jācenšas sekot savai ķermeņa masai.

Kas ir jādara?

Veselīgs uzturs

Agrāk uzskatīja, ka galvenais sirds un asinsvadu slimību profilakses pasākums ir ēst mazsālītu barību. Dažiem cilvēkiem tas tiešām var palīdzēt. Teorētiski hipertoniyas cēlonis ir pārmērīga sāls lietošana, jo, palielinoties sāls daudzumam asinīs, rodas lielāks osmotiskais spiediens un vairāk ūdens piesaistās asinīm. Pēdējos gados noskaidrots, ka vislielākā nozīme sirds un asinsvadu slimību profilaksē ir tāda uztura lietošanai, kas satur maz dzīvnieku tauku

un holesterīna. Holesterīna daudzumu asinīs nosaka divu veidu lipoproteīni. "Sliktais" lipoproteīns holesterīnu audos nogādā no aknām, bet "labais" lipoproteīns to nogādā atpakaļ aknās. Ja "slikta" lipoproteīna daudzums asinīs ir pārāk augsts vai "labā" lipoproteīna daudzums – pārāk zems, holesterīns uzkrājas šūnās. Holesterīnu saturošās šūnas veido sabiezējumus artēriju sienīņu iekšpusē un apgrūtinā asinsriti (6.B att.).

Mediķi iesaka kontrolēt savu holesterīna līmeni. Ja ir augsts holesterīna līmenis asinīs (240 mg/100 ml), jāizdara sīkākas bioķīmiskās analīzes, lai noskaidrotu "slikta" lipoproteīna daudzumu. Ja cilvēkam ir augsts holesterīna līmenis asinīs un viņa dzimtā ir sirds un asinsrites sistēmas slimnieki, ārsti var ieteikt speciālu diētu holesterīna līmeņa pazemināšanai. Iespējams, ka jālieto arī medikamenti.

Izvairīties no sirds un asinsvadu slimībām palīdz A, E un C vitamīns. Šie antioksidanti aizsargā organismu no brīvajiem radikāļiem. Brīvie radikāļi var oksidēt lipoproteīnus un veicināt nogulsņu veidošanos artēriju sienīnās, bet tas savukārt var radīt asiņu recekļus, kuri nosprosto asinsvadus. Uzturzinātnieki domā, ka, katru dienu lietojot pietiekamā daudzumā augļus un dārzeņus, var izsargāties no sirds un asinsvadu slimībām.

6.4. Sirds un asinsvadu slimības

Sirds un asinsvadu (kardiovaskulārās) slimības ir viens no galvenajiem nāves cēloņiem visās Rietumu zemēs. Mūsdienīgas pētniecības metodes dod labus rezultātus diagnostikā, ārstēšanā un slimību profilaksē. Šajā nodaļā tiks sniegta informācija par jaunākajiem sasniegumiem. Īpaša uzmanība tiks pievērsta sirds un asinsvadu slimību profilaksei.

Hipertoniya var izraisīt nāvi

Vairāk nekā 20 % cilvēku ir paaugstināts asinsspiediens jeb hipertoniya. Zinātnieki uzskata, ka jebkura vecuma sievietei ir hipertoniya, ja viņas asinsspiediens ir 160/95 mm Hg vai augstāks. Vīriešiem, kas jaunāki par 45 gadiem, hipertoniyas gadījumā asinsspiediens ir 130/90 mm Hg, bet vecākiem par 45 gadiem – augstāks par 140/95 mm Hg. Nozīmīgs ir

gan sistoliskais, gan diastoliskais spiediens, tomēr tieši no diastoliskā spiediena ir atkarīgs tas, vai cilvēkam ir nepieciešama medicīniskā palīdzība.

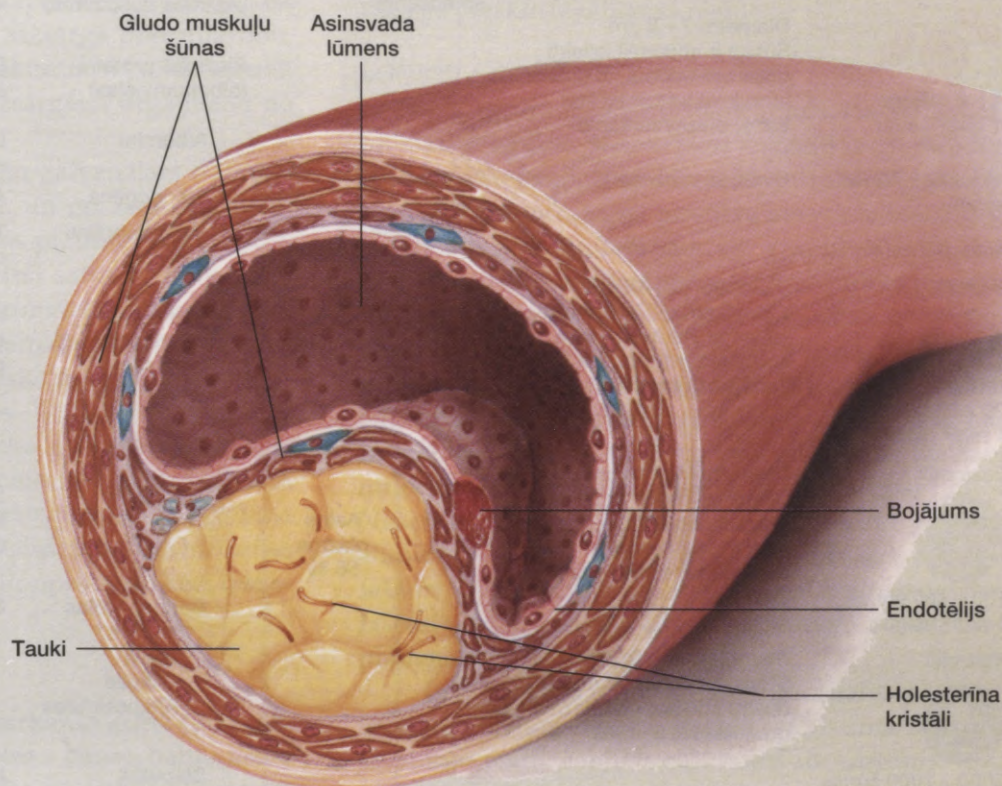
Hipertoniya dažkārt sauc par kluso slepkavu, jo to var arī nepamanīt, līdz iestājas sirdslēkme. Jau sen bija zināms, ka iedzimtība var ietekmēt hipertoniyas rašanos. Zinātnieki ir atklājuši divus gēnus, kuri var ietekmēt asinsspiedienu. Viens no šiem gēniem kodē kādu asins plazmas proteīnu, kuru otra gēna kodētais proteīns pārvērš par spēcīgu asinsvadu sašaurinātāju. Iespējams, ka drīzumā ar gēnu terapijas metodēm būs iespējams ārstēt tos cilvēkus, kuri cieš no šo gēnu pārāk aktīvās darbības.

Ateroskleroze un tauku nogulsnes artērijās

Hipertoniya bieži ir cilvēkiem, kuriem ir ateroskleroze – taukiem līdzīgu vielu, galvenokārt holesterīnu nogulsnešanās artēriju sienīņu iekšienē (6.B att.). Šīs nogulsnes veido plāk-

Fiziskie vingrinājumi

Tie, kuri regulāri nodarbojas ar fiziskajiem vingrinājumiem, retāk slimo ar sirds un asinsvadu slimībām. Ir izpētīts, ka tie vīrieši, kuri vismaz 48 minūtes dienā aktīvi strādā dārzā, spēlē bumbu vai dejo, ar infarktu slimo trīs reizes retāk nekā viņu vienaudži, kuri fiziskajiem vingrinājumiem dienā velta tikai 16 minūtes. Ir pierādīts, ka fiziskie vingrinājumi palīdz uzturēt nemainīgu ķermeņa masu, mazina stresu un pazemina asinsspiedienu. Regulāras sporta nodarbības palielina arī sirds tilpumu. Tas nozīmē, ka mūsu atpūtas laikā sirds var darboties lēnāk un tomēr paveikt tādu pašu darbu. Ārsti iesaka sirds un asinsvadu slimniekiem vismaz trīs reizes nedēļā doties stundu garā pastaiģā, nodarboties ar jogu, meditāciju vai elpošanas vingrinājumiem, kas mazina stresu.



6.B. attēls. Aizsprotojums

Artērijas šķērsgriezumā redzams, ka nogulsņējumi aizņem daļu no asinsvada lūmena, traucējot asinsriti. Šādā asinsvadā vieglāk var izveidoties trombs un to nosprostot.








snēs, kas samazina asinsvadu diametru un ietekmē asiņu plūsmu. Ateroskleroze var parādīties jau pusaudža vecumā un palēnām attīstīties līdz pusmūža gadiem. Iespējams, ka slimības simptomi neparādās līdz 50 gadu vecumam vai pat vēl ilgāk. Lai novērstu slimības sākšanos, mediķi iesaka uzturā lietot produktus, kuros ir maz tauku un holesterīna, kā arī daudz augļu un dārzeņu.

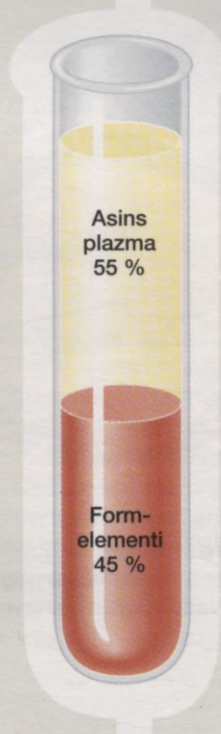
Ja artērijas iekšējā sieniņa ir kļuvusi nelīdzena, uz tās var izveidoties asiņu receklis. Kamēr šāds receklis ir nekustīgs un ir piestiprināts pie asinsvada, to sauc par **trombu**, bet, līdzko tas atraujas un sāk riņķot pa asinsriti, – to sauc par **embolu**. Ja trombus un embolus neārstē, var rasties komplikācijas.

Ir ģimenes, kurās paaugstināts holesterīna līmenis ir iedzimta pazīme. Slimību var novērst, ja izdodas noteikt ar slimību saistītu gēnu mutāciju.

Sirdslēkme un sirdstrieka

Hipertonija un ateroskleroze var izraisīt sirdslēkmi, sirdstrieku vai aneirismu. Trieka rodas, plīstot sīkai galvaskausa arteriolai vai arī tad, ja to nosprosto embols. Tad skābekļa trūkuma dēļ kāda galvas smadzeņu daļa atmirst un var iestāties paralīze vai nāve. Dažkārt pirms triekas cilvēks jūt brīdinājuma signālus – rokas vai seja kļūst nejutīga, ir runas traucējumi vai īslaicīgs vienas acs aklums. Miokarda infarkts jeb sirdslēkme rodas tad, kad kāda sirds muskuļa daļa atmirst skābekļa trūkuma dēļ. Ja vainagartērija tiek daļēji nosprostota, cilvēks var just sāpes krūškurvī vai arī sāpes, kas izstaro uz kreiso roku. Sāpes palīdz novērst nitroglicerīns vai kādas citas zāles, kas paplašina asinsvadus. Ja vainagartērija pilnībā nosprostojas, cilvēkam rodas infarkts.

FORMELEMENTI	Funkcijas un raksturojums	Veidošanās vieta	PLAZMA	Funkcijas	Rašanās vieta
Sarkanās asins šūnas (eritrocīti)  4 – 6 miljoni 1 mm ³ asiņu	O ₂ transports un līdzdalība CO ₂ transportā Diametrs 7 – 8 μm Šūnas ir abpusēji ieliekti diski bez kodola, to krāsa ir no koši sarkanas līdz tumši purpursarkanai.	Sarkanās kaula smadzenes	Ūdens (90 – 92 % no plazmas daudzuma)	Uztur asiņu tilpumu, pārnēsā vielu molekulas.	Absorbcija no zarnām
Baltās asins šūnas (leikocīti) Granulocīti <ul style="list-style-type: none"> • Bazofili  20 – 50 šūnas 1 mm³ asiņu • Eozinofili  100 – 400 šūnas 1 mm³ asiņu • Neitrofili  3000 – 7000 šūnas 1 mm³ asiņu Agranulocīti <ul style="list-style-type: none"> • Limfocīti  1500 – 3000 šūnas 1 mm³ asiņu • Monocīti  100 – 700 šūnas 1 mm³ asiņu 	Cīnās ar infekcijām Diametrs 10 – 12 μm Lielas, neregulāri sfēriskas šūnas ar vairākdaļīgiem kodoliem; citoplazmā tumšzilās granulas Diametrs 10 – 14 μm Sfēriskas šūnas ar div- daļīgu kodolu; citoplazmā raupjas, sarkanas nenoteikta formas granulas Diametrs 10 – 14 μm Sfēriskas šūnas ar daudz- daļīgu kodolu; citoplazmā granulas rozā krāsā Diametrs 5 – 17 μm (vidēji 9 – 10 μm) Sfēriskas šūnas ar lielu, apaļu kodolu Diametrs 10 – 24 μm Lielas, sfēriskas šūnas ar izlocītu apaļu vai daivainu kodolu	Sarkanās kaula smadzenes	Plazmas proteīni (olbaltumvielas) Albumīni Fibrinogēns Imūnglobulīns Sāļi (mazāk par 1 % no plazma daudzuma) Skābeklis Oglekļa dioksīds Barības vielas Tauki Glikoze Aminokābes Slāpekļa atkritumvielas Urīnviela Urīnskābe Citas vielas Hormoni, vitamīni u. c.	Regulē asiņu osmotisko spiedienu un pH. Uztur asiņu tilpumu, regulē spiedienu. Asins recēšana Transportfunkcija; cīņa ar infekcijām Uztur asiņu osmotisko spiedienu un pH, piedalās vielmaiņā. Šūnu elpošana Vielmaiņas galaprodukts Barības vielas šūnām Ekskrēcija caur nierēm Piedalās vielmaiņā	Aknas Aknas Plaušas Audi Absorbcija no tievās zarnas bārkstīņām Aknas Dažādi avoti
Asins plātnītes jeb trombocīti (asņites)  150 000 – 300 000 šūnas 1 mm ³ asiņu	Veicina asins recēšanu Diametrs 2 – 4 μm Diskveida šūnu fragmenti bez kodoliem; citoplazmā purpursarkanas granulas	Sarkanās kaula smadzenes			



• Visas šūnas, tās pareizi iekrāsojot, var saskatīt.

6.11. attēls. Asins sastāvs

Kad analīzei paredzētās asinis ir ielietas mēģenē un tām pievienotas vielas, kas novērš asins sarecēšanu, tās nostājas divās kārtās. Virspusē atrodas asins plazma – asiņu šķidrā sastāvdaļa, bet mēģenes apakšā – asiņu formelementi. Asiņu sastāvs sīkāk aplūkots tabulā.

6.5. Asinis – vielu transportētājas

Zīdītāju asinīm ir ļoti daudzveidīgas funkcijas, kuras palīdz nodrošināt homeostāzi.

Asinis 1) transportē vielas uz kapilāriem, kuros notiek gāzu maiņa, un prom no tiem; 2) aizsargā pret mikrobu, piemēram, baktēriju un vīrusu ieburkumu; 3) palīdz regulēt ķermeņa temperatūru; 4) sarec, aizsargājot organismu no dzīvībai bīstama asiņu zuduma.

Cilvēka asinis sastāv no divām galvenajām daļām – no šķidrums, ko sauc par plazmu, un no asiņu formelementiem – dažādām šūnām un asins plātnītēm (6.11. att.). **Plazma** (gr. *plasma* – kaut kas šķidrums) satur dažādu vielu molekulas, arī barības vielas, atkritumvielas, sāļus un proteīnus. Sāļi un proteīni nodrošina nemainīgu asins pH (aptuveni 7,4), kā arī uztur asinīs osmotisko spiedienu, lai ūdens varētu iekļūt asinsvadu kapilāros. Daži asiņu plazmas proteīni piedalās asiņu sarecēšanas procesā, citi asinīs transportē lielas organisko vielu molekulas. No proteīniem asinīs visvairāk ir albumīna. Tas transportē hemoglobīna noārdīšanās produktu bilirubīnu. Daudzveidīgas funkcijas ir globulīniem. Pie tiem pieder arī lipoproteīni, kuri transportē holesterīnu.

Formelementu daudzveidība

Asinīs ir trīs veidu formelementi: sarkanās asins šūnas jeb **eritrocīti** (gr. *erythros* – sarkans, *kytos* – šūna), baltās asins šūnas jeb **leikocīti** (gr. *leukos* – balts un *kytos* – šūna) un asins plātnītes jeb **trombocīti** (gr. *thrombos* – asiņu receklis un *kytos* – šūna).

Eritrocīti – skābekļa pārnēsētāji

Nobrieduši cilvēka eritrocīti ir mazas, no abām pusēm saplāsmas diskveida šūnas bez kodola. Tie satur elpošanas pigmentu hemoglobīnu. Vienā mm³ asiņu ir līdz 6 miljoniem eritrocītu, katrā eritrocītā ir aptuveni 250 miljoni hemoglobīna molekulu. **Hemoglobīns** (gr. *haima* – asinis un lat. *globus* – bumba) satur četras proteīna globīna ķēdes, un katra no tām ir saistīta ar hēmu – dzelzi saturošu grupu. Dzelzs ir tā, kas saistās ar skābekli un saistītā veidā to pārnēsā organismā. Ja cilvēkam ir pārāk maz eritrocītu vai arī ja tie satur pārāk maz hemoglobīna, viņam ir mazasinība jeb anēmija. Šāds cilvēks jūtas noguris un ir nomāktā garastāvoklī.

Eritrocīti nepārtraukti veidojas galvaskausā, ribās, mugurkaulā un garo kaulu galos. Eritropoētins stimulē eritrocītu veidošanos. Tas ir augšanas faktors, kurš rodas no vielas, ko ražo aknas, ja uz to iedarbojas nieru enzīms (ferments). Eritropoētīnu lieto kā zāles pret mazasinību. Ir gadījumi, kad sportisti to ir pārdozējuši, cerot uzlabot savu sniegumu.

Pirms eritrocīti pamet sarkanās kaulu smadzenes, tajos izzūd kodols un sintezējas hemoglobīns. Eritrocītu mūža ilgums ir aptuveni 120 dienas. Pēc tam tie iet bojā, galvenokārt aknās un liesā. Lielas fagocītu šūnas tos ielenc un

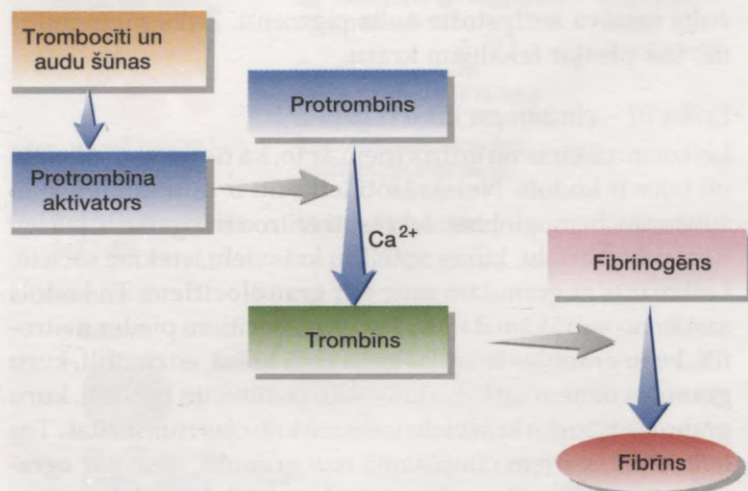
noārda, atbrīvojot hemoglobīnu. Dzelzs no jauna tiek izmantota sarkanajās kaulu smadzenēs. Hemoglobīna molekulas hēmas daļa tiek ķīmiski pārveidota, un no tās rodas žults sastāvā ietilpstošie žults pigmenti. Žults pigmenti ir tie, kas piešķir fekālijām krāsu.

Leikocīti – cīnītāji pret infekcijām

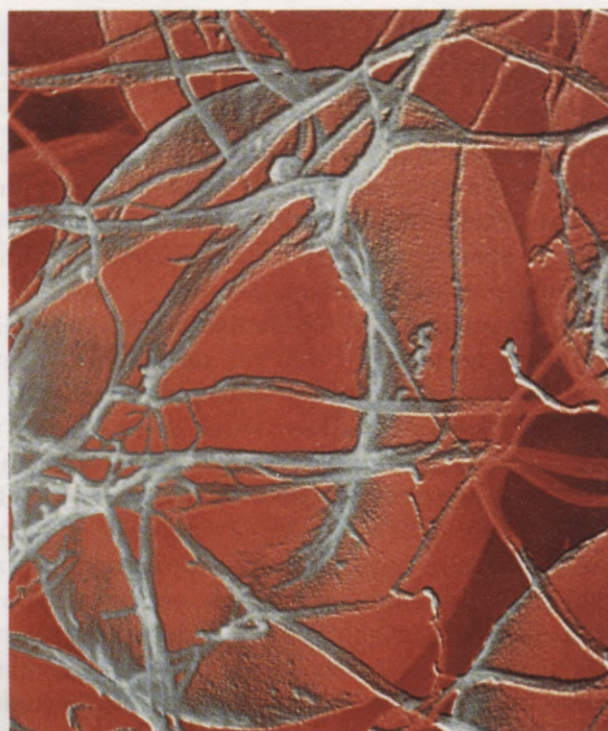
Leikocīti atšķiras no eritrocītiem ar to, ka tie parasti ir lielāki un tajos ir kodols. Neiekāršoti leikocīti ir caurspīdīgi, jo to šūnās nav hemoglobīna. Iekāršoti eritrocīti ir gaišzili, ja vien tiem nav granulu, kuras noteiktu krāsvielu ietekmē sacietē. Leikocītus ar granulām sauc par **granulocītiem**. To kodols sastāv no vairākām daļām. Pie granulocītiem pieder neitrofili, kuru granulas krāsojas gaiši rozā krāsā, eozinofili, kuru granulas uzņem sarkano krāsvielu eozīnu, un bazofili, kuru granulas bāzisko krāsvielu ietekmē krāsojas tumši zilas. Tos leikocītus, kuriem citoplazmā nav granulu, sauc par **agranulocītiem**. Tiem ir apaļš vai izrobots kodols. Lielākos agranulocītus sauc par monocītiem, mazākos – par limfocītiem. Nesen ir atklāts augšanas faktors, ar kura palīdzību var stimulēt leikocītu veidošanos. Ir arī dažādi citi specifiski faktori, kuri stimulē atsevišķu šūnu veidu augšanu. Šādi faktori var būt noderīgi cilvēkiem, kuriem ir zema imunitāte, piemēram, AIDS slimniekiem.

Ja ir radies kāds ievainojums, organismā caur to var iekļūt mikroorganismi. Rodas iekaisuma reakcija – ap ievainoto vietu parādās satūkums un sārtums. Ievainotie audi ir izdalījuši kinīnus, kas rada satūkumu, un histamīnus, kuri palielina kapilāru caurlaidību. **Neitrofili** (gr. *neuter* – neviens un *phileo* – mīlestība) ir amēbveida. Tie izspiežas cauri kapilāru sienām un nonāk audu šķidrumā, kur fagocītē (aprij) svešķermeņus. Monocīti pārvēršas par **makrofāgiem** (gr. *makros* – garš un *phagein* – apēst), kuri ir lielas, fagocitējošas šūnas. Fagocīti atbrīvo vielas – leikocītu augšanas faktorus, tāpēc drīz vien leikocītu skaits strauji pieaug. Ievainojuma vietā veidojas biezs, dzeltenīgs šķidrums, ko sauc par strutām. Tās rodas no leikocītiem, kuri ir cīnījušies ar infekciju un gājuši bojā.

Arī **limfocītiem** (lat. *lymph* – tīrs ūdens un gr. *kytos* – šūna) ir ievērojama nozīme cīņā ar infekciju. Daļa limfocītu, ko sauc par T-limfocītiem jeb T-šūnām, uzbrūk ar vīrusu inficētām šūnām. Citi limfocīti, ko sauc par B-limfocītiem jeb B-šūnām, veido antivielas. Visbiežāk **antigēni** (gr. *anti* – pret un lat. *genitus* – veidojošs) ir proteīni, bet tie var būt arī polisaharīdi. Tā kā antigēni ir organismam svešas vielas, tie liek organismam ražot antivielas. B-šūnas ražo viena noteikta veida antivielas pret konkrēto antigēnu, kas ir iekļuvis organismā. Antigēni atrodas parazītu ārējā apvalkā vai arī to izdalītajos toksīnos (indēs). Kad **antivielas** (gr. *anti* – pret) savienojas ar antigēnu, makrofāgi tās spēj aprīt (fagocītēt). Ja liels skaits B-šūnu veido specifiskas antivielas cīņai pret konkrēto infekciju, cilvēks pret šo infekciju ir imūns.



A. Asins sarecēšana



B. Asins receklis

5 μm

6.12. attēls. Asins sarecēšana

A. Trombocīti un ievainoto audu šūnas izdala vielas – protrombīna aktivatorus, kas kalcija jonu (Ca^{2+}) klātbūtnē pārvērš protrombīnu trombīnā. Savukārt trombīns iedarbojas uz fibrinogēnu un pārvērš to fibrīnā. **B.** Skenējošā elektronmikrogrāfijā redzams eritrocīts, ko sagūstījušas asiņu recekļa fibrīna šķiedras.

Trombocīti – asins sarecēšanas veicinātāji

Trombocīti (asins plātnītes jeb asnītes) veidojas sarkanajās kaula smadzenēs, sabrūkot lielām šūnām, ko sauc par megakariocītiem. Ik dienas veidojas aptuveni 200 miljardi trombocītu. Vienā mm^3 asiņu ir 150 000 – 300 000 trombocītu. Šie asiņu formelementi piedalās asins sarecēšanas jeb koagulācijas procesā.

Asiņu recekļa veidošanā piedalās vismaz 12 asins sarecēšanas faktori. Svarīga loma šajā procesā ir trombocītiem, fibrinogēnam, protrombīnam un trombīnam. Gan fibrinogēnu, gan protrombīnu veido un asinīs izdala aknas. Protrombīna veidošanai ir nepieciešams K vitamīns, kas atrodams zaļajos dārzeņos un rodas zarnu baktēriju darbības rezultātā. Ja kāda iemesla dēļ uzturā trūkst šā vitamīna, parādās ar asins sarecēšanu saistītas slimības.

Asiņu receklis veidojas pakāpeniski. Ja kāds asinsvads ir bojāts, bojājuma vietā trombocīti salīp kopā un daļēji pārtrauc asiņu tecēšanu. Gan trombocīti, gan bojātie audi izdala asins recēšanas faktoru – vielu, ko sauc par protrombīna aktivatoru. Tā ietekmē protrombīns pārvēršas trombīnā. Šim procesam ir nepieciešami kalcija joni (Ca^{2+}). Savukārt trombīns kalpo par enzīmu, kas no fibrinogēna molekulas atdala divas īsas aminoskābju virknes. Aktivētie fragmenti ar galiem savienojas kopā, veidojot garas fibrīna šķiedras. Fibrīna šķiedras bojātajā vietā satinas ap salīpušajiem trombocītiem un rada asiņu recekļa karkasu. Starp fibrīna

šķiedrām aizķeras arī eritrocītu šūnas, tāpēc asiņu receklis ir sarkanā krāsā (6.12. att.). Asiņu receklis saglabājas tikai neilgu laiku. Kad bojātais asinsvads ir atjaunojies, enzīms, ko sauc par plazmīnu, noārda fibrīna režģi un plazmas cirkulāciju atjauno.

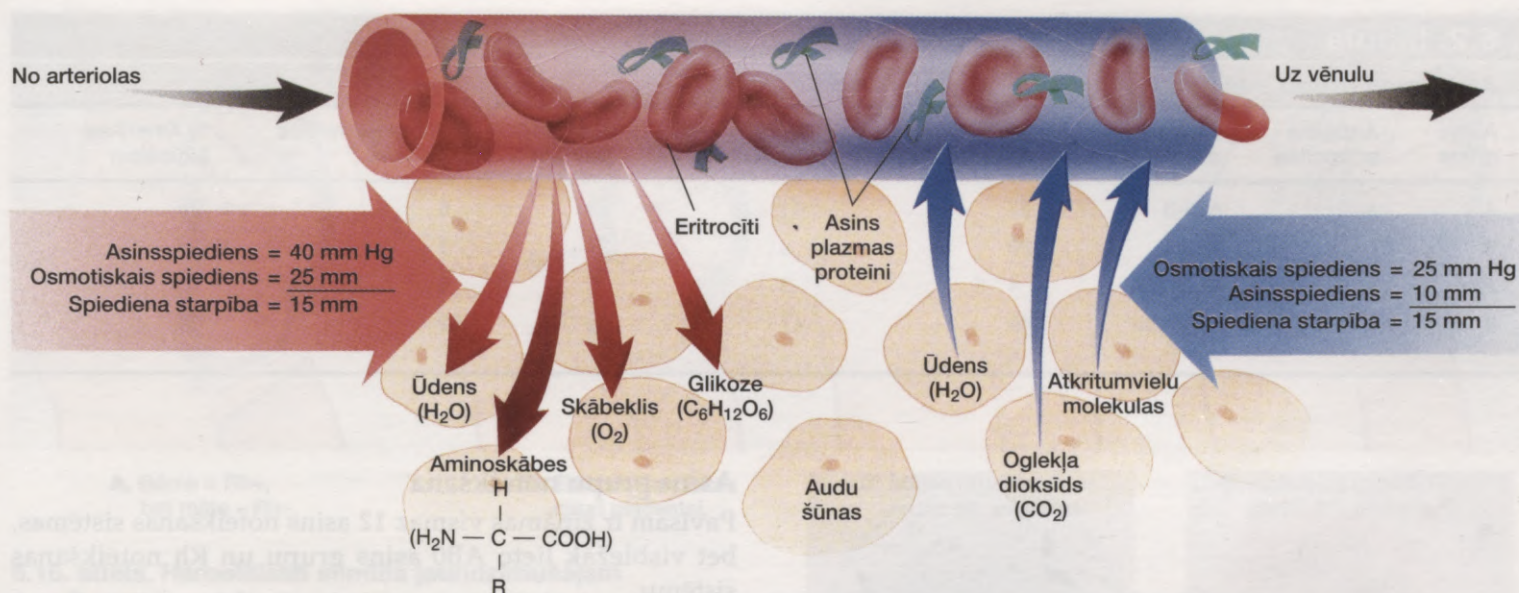
Ja asinis sarec mēģenē, virs recekļa paliek iedzeltens šķidrums. Šo šķidrumu sauc par asins serumu. Tajā ir visas asins plazmas sastāvdaļas, izņemot fibrinogēnu. Terminu skaidrojums par ķermeņa šķidrumiem, kuri ir saistīti ar asinīm, dots 6.1. tabulā.

Asiņu receklis sastāv no fibrīna šķiedrās iepītiem trombocītiem un eritrocītiem.

6.1. tabula

Ķermeņa šķidrumi

Nosaukums	Sastāvs
Asinis	Formelementi un asins plazma
Asins plazma	Asiņu šķidrā sastāvdaļa
Serums	Asins plazma bez fibrinogēna
Audu šķidrums	Asins plazma, kurā ir nedaudz proteīnu
Limfa	Audu šķidrums, kas plūst pa limfvadiem



6.13. attēls. Gāzu maiņa kapilāros

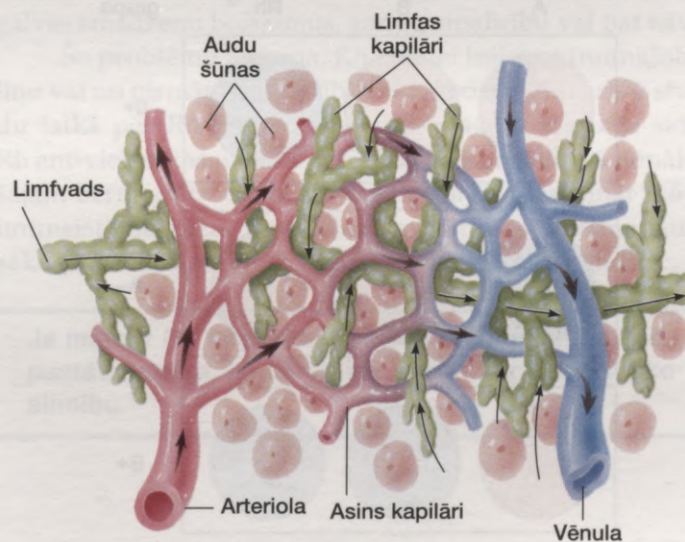
Attēlotajā kapilārā parādīts, kā notiek gāzu maiņa un kādi spēki to nodrošina. Kapilāra arteriālajā daļā asinsspiediens ir augstāks par osmotisko spiedienu, tāpēc ūdens (H_2O) un barības vielas pamet asiņu plūsmu. Kapilāra vidusdaļā molekulas, arī skābeklis (O_2), dodas koncentrācijas gradienta virzienā. Kapilāra venozajā daļā osmotiskais spiediens ir augstāks par asinsspiedienu, tāpēc ūdens un atkritumprodukti nonāk asinīs. Eritrocīti un asins plazmas proteīni ir pārāk lieli, lai pamestu kapilāru.

Apmaina starp asinīm un audiem

Šķidrumu plūsmu caur kapilāru sienām veic divi galvenie spēki – osmotiskais spiediens, kas cenšas nodrošināt ūdens plūsmu no audu šķidruma uz asinīm, un asinsspiediens, kas cenšas ūdeni virzīt pretējā virzienā. Kapilāru arteriālajā galā asinsspiediens (40 mm Hg) ir augstāks par osmotisko spiedienu (25 mm Hg) (6.13. att.). Osmotisko spiedienu rada sāļi un plazmas proteīni (olbaltumvielas). Pastāvot šai spiedienu starpībai, ūdens kapilāra arteriālajā galā izplūst no asinīm.

Kapilāra vidusdaļā asinsspiediens kļūst zemāks un abi spēki viens otru izslēdz, tāpēc ūdens apmaiņas nav. Difūzija notiek atbilstoši koncentrācijas gradientam – barības vielas, piemēram, glikoze un skābeklis, difundē laukā no kapilāra, bet vielmaiņas galaprodukti (oglekļa dioksīds) difundē kapilārā. Eritrocīti un gandrīz visi asins plazmas proteīni paliek kapilārā, bet vielas ar maziem molekulu izmēriem to pamet. Šīs vielas piedalās audu šķidruma veidošanā. Par **audu šķidrumu** sauc šķidrumu, kas atrodas starp organisma šūnām. Tā kā plazmas proteīni gandrīz nemaz netiek cauri kapilāru sienām, audu šķidrumā ir visas asins plazmas sastāvdaļas, bet proteīnu ir nedaudz.

Kapilāra galā, kas atrodas pie vēnulas, asinsspiediens ir vēl vairāk pazeminājies, bet osmotiskais spiediens ir lielāks par asinsspiedienu. Līdz ar to ūdens cenšas iespieties kapilārā. Atpakaļ atgriežas gandrīz tāds pats šķidruma daudzums, kāds to pameta arteriālajā kapilāra galā. Nelielu šķidruma pārpalikumu vienmēr savāc limfas kapilāri (6.14. att.). Audu šķidrumu, kas atrodas limfvados, sauc par **limfu**.



6.14. attēls. Limfas kapilāri

Bultiņas norāda, kā limfa veidojas, limfas kapilāriem uzsūcot lieko šķidrumu. Limfas kapilāri atrodas blakus asinsvadu kapilāriem.

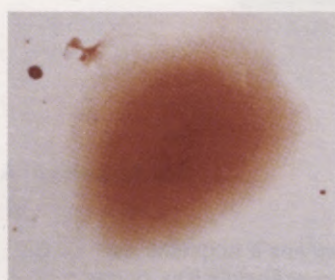
Limfa savācas lielajos limfvados, kas plecu rajonā ieplūst zematslēgkaula vēnā un tālāk lielajā asinsrites lokā.

Skābeklis un barības vielas pamet kapilāru tā arteriālajā daļā, bet oglekļa dioksīds un vielmaiņas galaprodukti iekļūst kapilārā tā venozajā daļā.

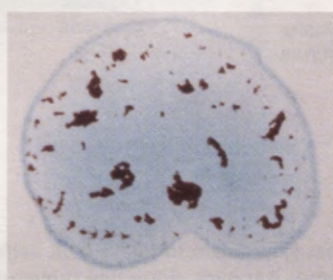
6.2. tabula

AB0 asins grupu sistēma

Asins grupa	Antigēns eritrocītos	Antiviela asins plazmā	% ASV afroamerikāņiem	% ASV kaukāziešiem	% ASV aziātiem	% Rietumamerikas indiāņiem	% Amerikas ķīniešiem
A	A	Anti-B	27	41	28	8	25
B	B	Anti-A	20	9	27	1	35
AB	A, B	Nav	4	3	5	0	10
0	Nav	Anti-A un anti-B	49	47	40	92	30

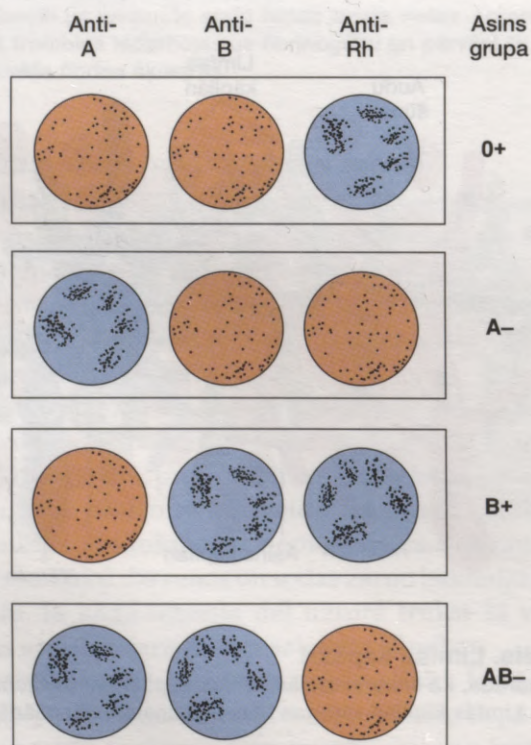


Antigēna nav, aglutinācija nenotiek.



Ir antigēns, aglutinācija notiek.

A



B

6.15. attēls. Asins grupu noteikšana

Ar standarttestu var noteikt AB0 un Rh asins grupas. To dara, uzpildot uz priekšmetstikla pa vienam pilienam no katras antivielas – anti-A, anti-B un anti-Rh. Katram šim antivielu pilienam pievieno pilienus cilvēka asiņu. **A.** Ja notiek aglutinācija, kā parādīts fotogrāfijā (labajā pusē), tad cilvēkam asinis ir šis antigēns. **B.** Iespējamie rezultāti. Asins grupu attēlo antigēni (zīmējumā – punktējums), kas atrodas eritrocītos.

Asins grupu noteikšana

Pavisam ir zināmas vismaz 12 asins noteikšanas sistēmas, bet visbiežāk lieto AB0 asins grupu un Rh noteikšanas sistēmu.

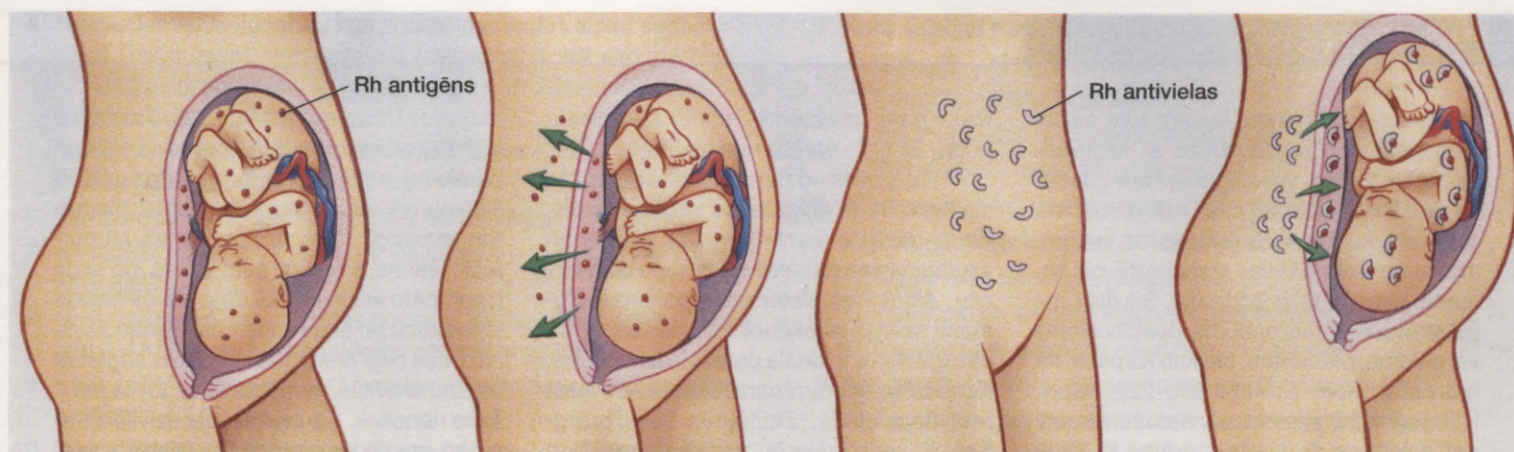
AB0 asins grupu sistēma

Līdz 20. gadsimtam asins pārlišana bieži vien nedeva vēlamo rezultātu vai pat izraisīja nāvi. Vīnes ārsts Kārlis Landšteiners šo procesu sāka pētīt, analizējot asiņu paraugus mikroskopā. Kopā ar līdzstrādniekiem viņš noskaidroja, ka cilvēkiem ir četras asins pamatgrupas. Tās nosauca par A, B, AB un 0 grupām (6.2. tab.). Asins grupa ir atkarīga no tā, vai asinīs ir vai nav A vai B antigēns. Ja cilvēkam ir 0 asins grupa, tad viņa asins eritrocītos nav ne A, ne B antigēna. Visās pārējās asins grupās ir viens vai abi šie antigēni. A grupas asinīs ir antigēns A, B grupas asinīs ir antigēns B, bet AB grupas asinīs ir abi antigēni.

Asins plazmā ir antivielas pret tiem antigēniem, kuru nav šā cilvēka eritrocītos. Tāpēc, piemēram, A asins grupas gadījumā plazmā ir anti-B. Ja cilvēkam ir AB asins grupa, tad viņam nav ne anti-A, ne anti-B, jo eritrocītos ir gan A, gan B antigēni. Ja viņam būtu šīs antivielas, eritrocīti salīptu jeb notiktu **aglutinācija** (lat. *ad* – uz, *glutinis* – lipīgs).

Cilvēku, kuram jāpārlej asinis, sauc par recipientu, bet cilvēku, kas dod savas asinis, – par donoru. Recipienta asins plazmā nedrīkst būt antivielas, kas izraisītu donora asiņu aglutināciju. Tāpēc katram jāzina sava asins grupa. Ja asinis nereaģē ne uz anti-A, ne uz anti-B, tad tās ir 0 grupas asinis.

AB0 sistēmā ir četras asins grupas (A, B, AB un 0), kuras nosaka pēc asinīs esošajām antiviellām.



A. Bērns ir Rh+,
bet māte – Rh–.

B. Eritrocīti izspiežas
cauri placentai.

C. Mātes organismā
rodas Rh antivielas.

D. Antivielas uzbrūk Rh+
bērna eritrocītiem.

6.16. attēls. Hemolītiskā slimība jaundzimušajam

A un **B** attēlā ir parādīta Rh– sievietes pirmā grūtniecība ar Rh+ bērnu. Otrā grūtniecība ar Rh+ bērnu attēlota **D** attēlā.

Rēzus (Rh) sistēma

Rēzus faktors (Rh), ko vispirms atklāja rēzus pērtiķos, ir vēl viens nozīmīgs antigēns. Aptuveni 85 % cilvēku ir šis faktors, tāpēc viņus sauc par Rh pozitīviem (Rh+), bet 15 % cilvēku nav šā faktora, tāpēc viņi ir Rh negatīvi (Rh–). Normāli ne Rh+, ne Rh– cilvēkos neveidojas antivielas pret rēzus faktoru. Tas notiek vienīgi tad, ja Rh– indivīda asinīs nonāk Rh+ eritrocīti.

Lai noteiktu, vai cilvēks ir Rh+ vai Rh–, viņa asinis sajauc ar Rh antivielām. Ja Rh+ asinis sajauc ar Rh antivielām, notiek aglutinācija (6.15. att.). Nosakot cilvēka asins grupu, parasti nosaka arī rēzus faktoru (Rh).

Rēzus faktoram ir būtiska nozīme grūtniecības laikā. Rh+ dominē pār Rh–. Ja māte ir Rh–, bet tēvs ir Rh+, tad ir 50 % iespēja, ka bērni būs Rh+ (6.16. att.). Ja placenta ir bojāta vai ja tā sāk noārdīties pirms dzemdībām, pastāv iespēja, ka Rh+ embrija eritrocīti nonāk cauri placentai Rh– mātes asinsritē. Rh antigēnu klātbūtne mātes organismā izraisa Rh antivielu veidošanos. Vai nu tajā pašā, vai arī nākamajās grūt-

niecībās, ja bērns ir Rh+, mātes organisma radītās antivielas caur placentu nonāk bērna organismā un noārda tā eritrocītus. Bērnā rodas hemolītiskā slimība jeb jaundzimušā dzeltenā kaite, jo hemolīze turpinās vēl pēc bērna piedzimšanas. Noārdoties eritrocītu hēmam, asinīs pieaug bilirubīna daudzums. Pārlietu augstais bilirubīna līmenis var radīt bērnam galvas smadzeņu bojājumus, garīgo atpalicību vai pat nāvi.

Šo problēmu atrisina, Rh– mātei injicējot imūnglobulīnu vai nu pirmās grūtniecības vidusposmā, vai arī 72 stundu laikā pēc Rh+ bērna piedzimšanas. Šī injekcija satur Rh antivielas, kas uzbrūk katram mātes organismā nonākušajam bērna eritrocītam, pirms tas pagūst ierosināt mātes imūnsistēmu ražot antivielas. Ja mātes organismā jau ir sākušas veidoties antivielas, šī injekcija vairs nelīdz.

Ja māte ir Rh negatīva, bet tēvs ir Rh pozitīvs, tad pastāv iespēja, ka bērns var saslimt ar hemolītisko slimību.

Pārskats

Nelieli ūdensdzīvnieki, kuriem nav asinsrites sistēmas, savas šūnas ar nepieciešamajām vielām var apgādāt caur gastrovaskulāro dobumu. Veltņtārpi un citi dzīvnieki, kuriem ir pseidoceloms, no gremošanas trakta vielas transportē pa dobumu, kas pildīts ar šķidrums. Šis dobums (gastrovaskulārais dobums, pseidoceloms vai celoms, piemēram, sliekai) kalpo arī kā hidrostatiskais skelets (sk. 222. lpp.). Hidrostatiskā skeleta pārvietošanai nav nepieciešams tik daudz enerģijas kā cietā eksoskeleta vai endoskeleta pārvietošanai. Ķermeņa šķidrums palīdz pārvietoties pat tiem dzīvniekiem, kuriem ir ciets skelets.

Piemēram, gliemenes sūknē hemolimfu pēdā, lai ar to varētu rakties dūņās.

Vairumam dzīvnieku ir asinsrites sistēma. Pa to riņķo asinis vai hemolimfa, un tā pārvieto barības vielas, gāzes un atkritumvielas no vienas ķermeņa daļas uz citu. Asinsrites sistēmas elpošanas pigmenti saistās ar skābekli un pārnes to. Tā kā organisms ir ideāla parazītu dzīvesvieta, tad iekšējie šķidrums parasti kaut kādā veidā pret tiem cīnās. Zidītājiem šo aizsargfunkciju veic leukocīti, aprijot (fagocitējot) svešķermeņus un radot imūnvielas.

Putni un zidītāji ir homotermi organismi. Viņu asinis veic termoregulācijas

funkciju. Dzīvniekiem, kuri dzīvo aukstās klimata joslās, asinsvadi nodrošina siltuma pāreju no artērijām vēnās un palīdz uzturēt siltumu atklātajās ķermeņa daļās, piemēram, pasargā kājas no sasaldēšanas. Mugurkaulniekiem, kas nirst zem ūdens, no sirds izpumpēto asiņu lielākā daļa nonāk galvas smadzeņu un sirds kapilāros. Pārējo asins plūsmas ceļu noslēgšanās palīdz saglabāt orgānu aktivitāti, neraugoties uz to, ka elpošana nenotiek. Šie piemēri par dzīvi ekstremālos apstākļos pierāda, ka asinsrite spēj piemēroties vides apstākļiem.

Kopsavilkums

6.1. Vielu pārvietošanās bezmugurkaulniekos

Daļai bezmugurkaulnieku nav transporta sistēmas. Piemēram, zarnodobumaiņiem un plakantārpiem difūzija no gastrovaskulārā dobuma spēj nodrošināt šūnu apgādi ar nepieciešamajām vielām.

Citiem dzīvniekiem ir transporta sistēma. Kukaiņiem ir vaļēja asinsrites sistēma, bet sliekām – slēgta asinsrites sistēma.

6.2. Vielu pārvietošanās mugurkaulniekos

Mugurkaulniekiem ir slēgta asinsrites sistēma. Artērijās aizvada asinis prom no sirds un nogādā tās kapilāros, kur notiek gāzu maiņa. Vēnas piegādā asinis sirdij.

Zivīm ir tikai viens asinsrites loks, jo tām ir sirds, kas sastāv no priekškambara un kambara. No sirds asinis plūst uz žaunām. Citiem mugurkaulniekiem ir divi asinsrites loki. Abinieku sirdij ir divi priekškambari un viens kambaris. Putnu un zidītāju, kā arī cilvēka sirdij ir divi priekškambari un divi kambari; arteriālās asinis ir nošķirtas no venozajām asinīm.

6.3. Cilvēka asinsrites sistēma

Cilvēka sirdspuksts rodas tad, kad sinoatriālais mezgls liek abiem priekškambariem sarauties un asinis caur viru vārstuļiem tiek nogādātas kambaros. Sinoatriālais mezgls stimulē arī atrioventrikulāro mezglu, kas savukārt rada abu kambaru kontrakcijas. Kambariem saraujoties, asinis caur pusmēness vārstuļiem tiek izgrūstas plaušu stumbrā un aortā. Pēc tam visas sirds daļas atpūšas. Sirds pukstot rada skaņas, kuru cēlonis ir vārstuļu aizvēršanās.

Sirdij kontrahējoties, rodas asinsspiediens, kas virza asinis pa artērijām. Skeleta muskuļu kontrakcijas lielā mērā nodrošina asiņu plūsmu pa vēnām. Vēnās ir vārstuļi, kas novērš asiņu atpakaļplūsmu.

6.4. Sirds un asinsvadu slimības

Hipertonija un ateroskleroze ir divas asinsrites sistēmas slimības, kas var būt par iemeslu sirdslēkmei un sirdstiekai. Veselīgs uzturs, regulāras sporta nodarbības, atbilstošas ķermeņa masas saglabāšana un nesmēķēšana pasargā no sirds un asinsvadu slimību veidošanās.

6.5. Asinis – vielu transportētājas

Asinīm ir divas galvenās sastāvdaļas – asins plazma un formelementi. Plazma satur 90–92 % ūdens un 7–8 % proteīnu (olbaltumvielas), kā arī barības vielas un vielmaiņas galaproduktus.

Eritrocīti satur hemoglobīnu un pārnēsā skābekli. Cīnīties ar slimībām palīdz dažāda veida leukocīti. Neitrofili un monocīti veic fagocitozi (svešķermeņu aprišanu) un rada iekaisuma reakcijas. Limfocīti veido organisma imunitāti.

Trombocīti un divi asins plazmas proteīni – protrombīns un fibrinogēns – piedalās asins sarecēšanā. Šis process notiek ar enzīmu (fermentu) līdzdalību, un tā rezultātā rodas fibrīna šķiedras. Vispirms trombocīti un ievainotie audi izdala vielas, kas aktivē protrombīnu, un tas pārvēršas trombinā. Savukārt trombīns izraisa fibrinogēna pārvēršanos fibrīna šķiedrās.

Kad asinis sasniedz kapilārus, to arteriālajā daļā asinsspiediena dēļ ūdens izspiežas laukā no kapilāra. Kapilāru venozajā daļā, pateicoties osmotiskajam spiedienam, ūdens uzsūcas atpakaļ kapilāros. Kapilāru vidusdaļā no tiem difundē laukā barības vielas, bet difūzijas ceļā tiek uzņemti vielmaiņas galaprodukti.

AB0 sistēmā ir četras asins grupas – A, B, AB un 0. Tās nosaka pēc cilvēka eritrocītos esošajiem antigēniem. Ja asinis ir kāds no antigēniem, tad cilvēka eritrocīti sabrūk, sastopot atbilstošu antivielu. 6.2. tabulā ir parādīts, kādas antivielas ir dažādām AB0 sistēmas asins grupām.

Pārbaudiet sevi

1. Paskaidrojiet, kā notiek vielu transports tiem bezmugurkaulniekiem, kuriem nav asinsrites sistēmas! Kā tas notiek dzīvniekiem ar vaļēju asinsrites sistēmu? Kā tas notiek dzīvniekiem ar slēgtu asinsrites sistēmu? 100.–101. lpp.
2. Salīdziniet zivs, vardes un abinieka asinsrites sistēmu! 103. lpp.
3. Uzzīmējiet cilvēka asiņu ceļu no labā kambara līdz kreisajam priekškambarim; no kreisā kambara uz nierēm un uz labo priekškambari; no kreisā kambara uz tievo zarnu un uz labo priekškambari! 105. lpp.

- Nosaučiet visus faktorus, kas nodrošina nepārtrauktu sirdsdarbību! Raksturojiet sirdsdarbību! Izskaidrojiet, kā sirdsdarbība ietekmē asinsspiedienu! Kādi vēl faktori nodrošina asiņu plūsmu asinsvados? 106. lpp.
- Izskaidrojiet jēdzienus mazais asinsrites loks, lielais asinsrites loks un vārtu sistēma! 108. lpp.
- Raksturojiet eritrocītu dzīves ciklu un funkcijas! 113. lpp.
- Kā iedala leikocītus? Kādas ir neitrofilu, monocītu un limfocītu funkcijas? 113. lpp.
- Nosaučiet asins sarecēšanas posmus! Kādas vielas asinīs ir visu laiku un kādas parādās tikai asiņu sarecēšanas laikā? 114. lpp.
- Kādi spēki nodrošina vielu molekulu apmaiņu caur kapilāru sienām? 115. lpp.
- Kādas ir AB0 sistēmas asins grupas? Nosaučiet, kādi antigēni ir katras asins grupas eritrocītos! Kādas antivielas ir šo grupu asins plazmā? 116. lpp.
- Kādas problēmas var rasties, ja mātei ir Rh- un tēvam Rh+? Izskaidrojiet to cēloņus! 117. lpp.

Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

- Kura no nosauktajām sastāvdaļām ir raksturīga slēgtai asinsrites sistēmai, bet nav vajējas asinsrites sistēmas gadījumā?
 - Ostija
 - Kapilāru dobumi
 - Hemocels
 - Sirds
- Kurš apgalvojums par asinsspiedienu ir pareizs sistēmā, kas sastāv no viena asinsrites loka?
 - Tas visā sistēmā ir nemainīgs
 - Tas ievērojami pazeminās pēc gāzu apmaiņas
 - Tas zarnu kapilāros ir augstāks nekā žaunu kapilāros
 - To nevar noteikt
- Kuram dzīvniekam asinis, kas nonāk aortā, nav pilnīgi arteriālas?
 - Vardei
 - Cālim
 - Pērtiķim
 - Zivij
- Kurš no nosauktajiem faktoriem maz ietekmē asiņu plūsmu artērijās?
 - Sirdspuksts
 - Asinsspiediens
 - Artēriju šķērsriezuma laukums
 - Skeleta muskuļu kontrakcijas
- Kurā sirds daļā cilvēkam ieplūst asinis, kas atgriežas no plaušām?
 - Labajā kambarī
 - Labajā priekškambarī
 - Kreisajā kambarī
 - Kreisajā priekškambarī
- Kas kontrahējas sistoles laikā?
 - Lielās artērijās
 - Sinoatriālais mezgls
 - Priekškambari un kambari
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kura saistība **nav** pareiza?
 - Leikocīti – ciņa ar infekciju
 - Eritrocīti – asiņu sarecēšana
 - Plazma – ūdens, barības vielas un atkritumvielas
 - Trombocīti – asiņu sarecēšana
- Kam pateicoties, ūdens iekļūst kapilāra venozajā daļā?
 - Aktīvajam transportam no audu šķidruma
 - Osmotiskā spiediena gradientam
 - Palielinātam asinsspiedienam šajā kapilāra daļā
 - Palielinātam eritrocītu daudzumam šajā vietā
- Kas raksturīgs asiņu sarecēšanas pēdējam posmam?
 - Tas ir vienīgais posms, kuram nepieciešami kalcija joni
 - Tas ir posms, kas notiek ārpus asinsrites
 - Protrombīns pārvēršas trombīnā
 - Fibrinogēns pārvēršas fibrīnā
- Par ko liecina aglutinācija, pārbaudot asinis?
 - Par to, ka plazma satur antivielas
 - Par to, ka eritrocītos ir antigēni
 - Par to, ka plazma satur antigēnus
 - Par to, ka eritrocītos ir antivielas
- Kādu vecāku bērnam ir vislielākās iespējas piedzimt ar hemolītisko slimību?
 - Rh+ māte un Rh- tēvs
 - Rh- māte un Rh- tēvs
 - Rh+ māte un Rh+ tēvs
 - Rh- māte un Rh+ tēvs
- Ko pie sirds uzbūves shēmas apzīmē katrs burts?
 

Papildjautājumi

1. *Vairākumam dzīvnieku iekšējā vide ir relatīvi pastāvīga.*
Kas dzīvniekiem nodrošina audu šķidrums sastāva relatīvo nemainību?
2. *Sarežģītas uzbūves dzīvniekiem asinsrites sistēma ir obligāta nepieciešamība.*
Kāpēc sarežģītas uzbūves dzīvniekiem asinsrites sistēma ir tik ļoti nozīmīga?
3. *Dzīvniekus var salīdzināt ar mašīnām, jo asiņu plūsmas nodrošināšanai organismā ir nepieciešama enerģija.*
Kāda veida enerģija tiek patērēta asiņu plūsmas nodrošināšanai? Kā dzīvnieki iegūst šo enerģiju?

Multimediju izmantošana

Tēmu par asinsriti palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



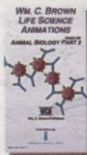
CD-ROM disks. The Dynamic Human

Cardiovascular System



CD-ROM disks. Explorations in Human Biology

Evolution of the Heart (#5)



Dabas zinātņu animācijas videofilmas

Video #4: Animal Biology II

The Cardiac Cycle & Production of Sounds (#32)

Blood Circulation (#37)

Production of Electrocardiogram (#38)

Common Congenital Defects of the Heart (#39)

A, B, O Blood Types (#40)

Jēdzienu izpratne

Aglutinācija	116. lpp.	Leikocīti	113. lpp.
Antigēns	113. lpp.	Lielais asinsrites loks	108. lpp.
Antiviela	113. lpp.	Limfa	115. lpp.
Aorta	108. lpp.	Limfocīti	113. lpp.
Asins plazma	113. lpp.	Makrofāgs	113. lpp.
Asinsspiediens	109. lpp.	Mazais asinsrites loks	108. lpp.
Asinsrites sistēma	100. lpp.	Miokards	104. lpp.
Artērija	102. lpp.	Neitrofilī	113. lpp.
Arteriola	102. lpp.	Priekškambaris	104. lpp.
Audu šķidrums	115. lpp.	Sistole	106. lpp.
Diastole	106. lpp.	Trombīns	114. lpp.
Divviru vārstulis	104. lpp.	Trombocīti	114. lpp.
Eritrocīti	113. lpp.	Vārstulis	104. lpp.
Hemoglobīns	113. lpp.	Vārtu sistēma	108. lpp.
Hemolimfa	101. lpp.	Vēnula	102. lpp.
Kambaris	104. lpp.	Vēna	102. lpp.
Kapilāri	102. lpp.		

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- A. _____ – asinsvads, kas aizvada asinis prom no sirds.
- B. _____ – asiņu sarecēšana, kas notiek, pateicoties eritrocītu antigēnu reakcijai ar plazmas antivielām.
- C. _____ – spēks, kas asinis pārvieto asinsvada iekšienē.
- D. _____ – sarkanās asins šūnas, kas satur hemoglobīnu un mugurkaulniekiem pārnes skābekli no plaušām vai žaunām uz audiem.
- E. _____ – sirds vārstulis, kas atrodas starp priekškambari un kambari.
- F. _____ – liela, no monocīta veidojusies šūna, kas spēj aprīt (fagocitēt) mikrobus un netīrumus.
- G. _____ – mugurkaulnieku asiņu šķidrā daļa, kas satur barības vielas, atkritumvielas, sāļus un proteīnus.
- H. _____ – lielākā cilvēka artērija, kas piegādā audiem asinis no sirds.
- I. _____ – mugurkaulnieku eritrocītu un daudz bezmugurkaulnieku asins plazmas elpošanas pigments, kas satur dzelzi.
- J. _____ – asinsvads, kas savieno artērijas ar kapilāriem.

Limfātiskā sistēma un imunitāte

7.

NODAĻA

Nodaļas saturs

7.1. Limfātiskās sistēmas palīdzība asinsrites sistēmai

- Limfātiskā sistēma ir vienvirziena sistēma. Tā pārvieto limfu no audiem un taukus no zarnu bārkstiņām uz noteiktām asinsrites sistēmas vēnām. 122. lpp.

7.2. Nespecifiskā imunitāte

- Organismu aizsargā gan specifiskā, gan nespecifiskā imunitāte. 124. lpp.
- Nespecifisko imunitāti veido aizsargbarjeras, iekaisuma reakcijas un aizsargproteīni. 124. lpp.

7.3. Specifiskā imunitāte

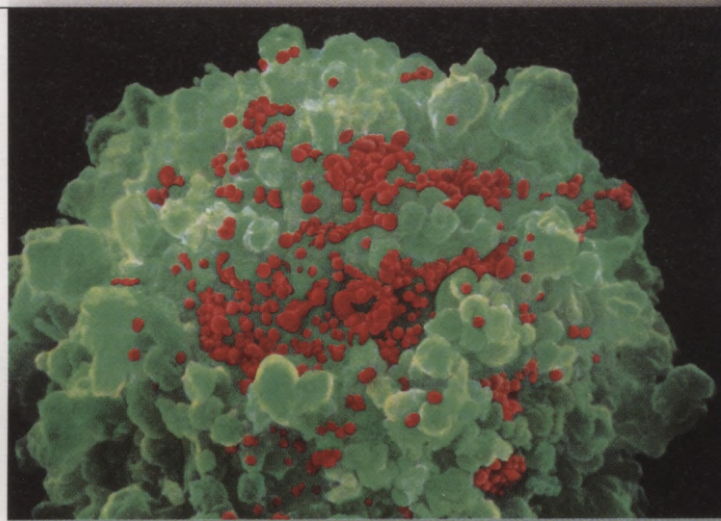
- Specifisko imunitāti nodrošina divu veidu limfocīti – B-limfocīti un T-limfocīti. 126. lpp.

7.4. Mākslīgās imunitātes radišana

- Medicīniskos nolūkos ir iespējams radīt mākslīgu imunitāti. Ar vakcīnu palīdzību var radīt ilgstošu imunitāti, bet ar antivielu palīdzību – īslaicīgu imunitāti. 133. lpp.

7.5. Imunitātes blakusefekti

- Lai gan imunitāte mūs aizsargā, tā reizēm rada dažus nevēlamus efektus, piemēram, audu atgrūšanu, alerģiju un autoimūnās slimības. 135. lpp.



HIV pumpuri uz asins šūnas, ko sauc par T-limfocītu

Mūsdienās cilvēki ir daudz labāk apguvuši imūnsistēmas darbību nekā iepriekšējās paaudzes. 20. gadsimta 70. gados parādījās HIV. HIV jeb cilvēka imūndeficīta vīruss (latv. dažkārt saukts arī par CIV) ir vīruss, kurš izplatās ķermeņa iekšējo šķidrumu apmaiņas ceļā. HIV nenogalina uzreiz, bet gan lēnām sagrauj saimnieka imūnsistēmu, ļaujot dažādiem patogēniem iekļūt organismā. Cilvēki, kuriem ir bojāta imūnsistēma, nespēj sevi aizsargāt pret sēnīšu slimībām, baktērijām un pat pret sava ķermeņa nenormālajām šūnām (audzēja šūnām).

Visām sugām ir nepieciešama efektīva aizsargsistēma. Nav iespējams uzturēt homeostāzi, ja ir grūti pretoties parazītiem vai to izdalītajiem toksīniem. Imunitāti nodrošina dažādi aizsarglīdzekļi, un limfātiskā sistēma ir viens no tiem. Zīdītāju limfātisko sistēmu veido vienvirziena limfvadi, limfmezgli, limfas šķidrums un daži orgāni. Bez aizsargfunkcijas limfātiskajai sistēmai ir vēl vairākas citas funkcijas. Tā nodrošina audos nonākušā šķidruma atgriešanos asinsrites sistēmā. Tievajā zarnā tā absorbē taukus un nogādā tos asinsrites sistēmā.

7.1. Limfātiskās sistēmas palīdzība asinsrites sistēmai

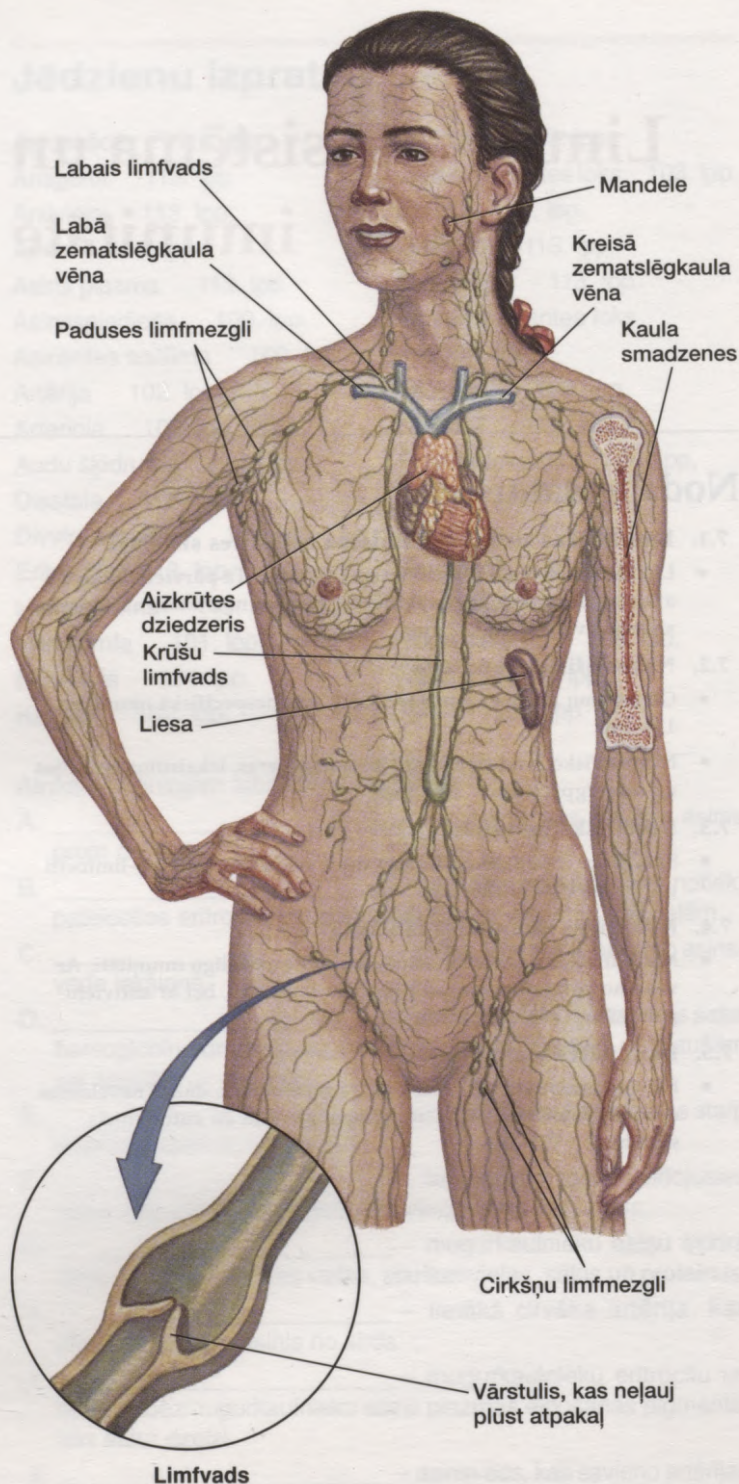
Zīdītāju limfātiskā sistēma (lat. *lympha* – skaidrs ūdens) sastāv no limfvadiem un limfoīdiem orgāniem. Šī sistēma ir cieši saistīta ar asinsrites sistēmu, un tai ir trīs pamatfunkcijas: 1) limfātiskā sistēma uzņem audu šķidruma pārpalikumu un nogādā to atpakaļ asins plūsmā; 2) limfkapilāri absorbē taukus tievās zarnas bārktiņās un nogādā tos asins plūsmā; 3) limfātiskā sistēma palīdz aizsargāt organismu pret slimībām.

Limfātiskā sistēma vada vienā virzienā

Limfātiskās sistēmas vadi ir visā organismā. Visur ir daudz limfkapilāru (7.1. att.). Lielo limfvadu uzbūve ir līdzīga asinsrites sistēmas vēnu uzbūvei. Arī limfvados ir vārstuļi, un limfas plūsma ir atkarīga no skeleta muskuļu kontrakcijām. Muskuļiem kontrahējoties, limfa tiek izspiesta cauri vārstuļiem, un tie noslēdzas, lai nepieļautu limfas atpakaļplūsmu.

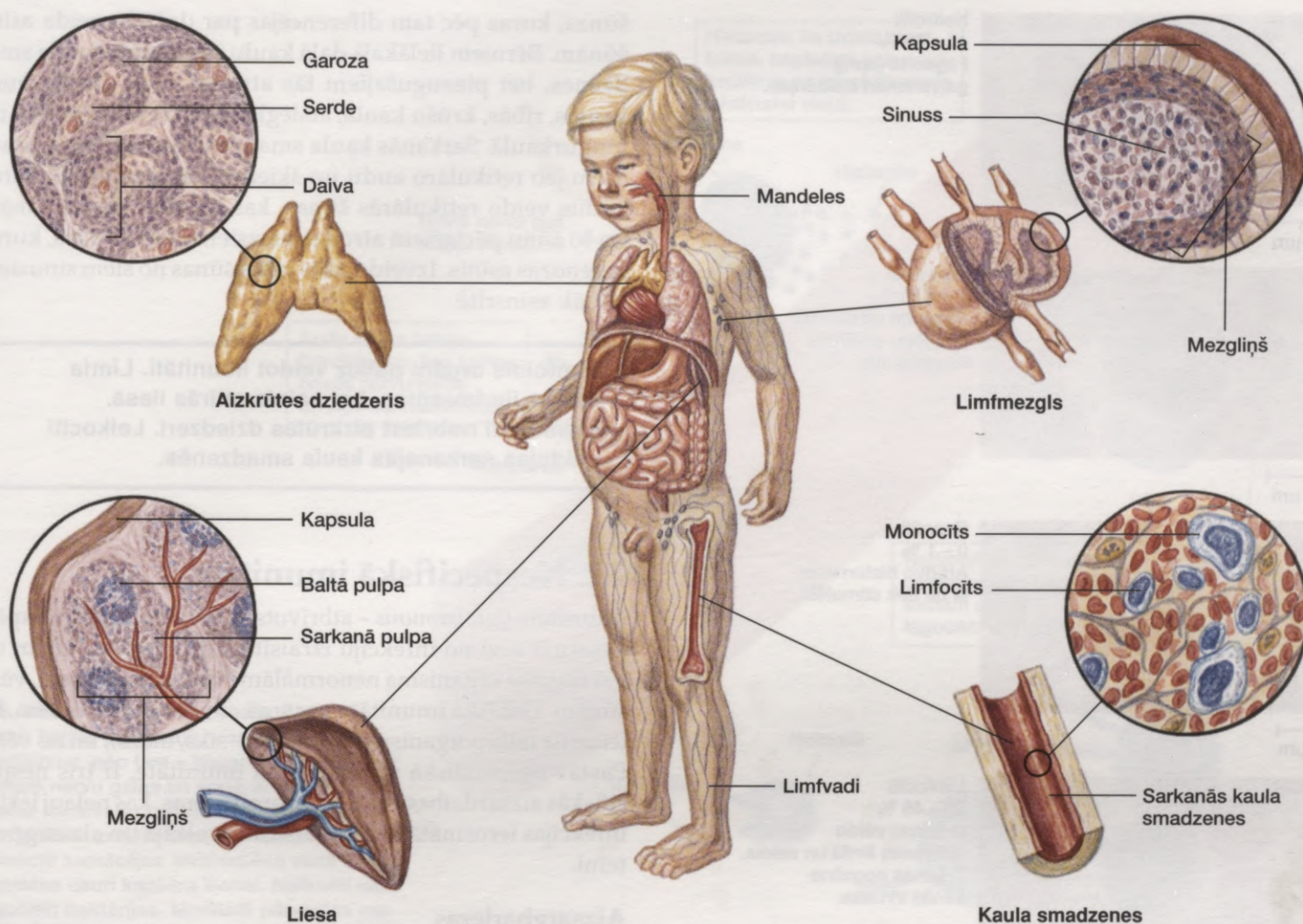
Limfātiskā sistēma ir vienvirziena sistēma, kas sākas ar limfkapilāriem. Tie uzņem šķidrumu, kas ir izspiediens no asinsvadu kapilāriem un nav uzsūcies atpakaļ. Krūšu limfvads ir daudz lielāks par labo limfvadu. Tas "apkalpo" kājas, vēdera dobumu, kreiso roku, kā arī galvas un kakla kreiso pusi. Labais limfvads "apkalpo" labo roku, galvas, kakla un krūškurvja labo pusi. Limfa no limfvadiem ieplūst zematslēgkaula venās.

Limfa plūst vienā virzienā no limfkapilāriem uz aizvien lielākiem limfvadiem un nonāk limfvados, kuri ieiet zematslēgkaula vēnās.



7.1. attēls. Limfātiskā sistēma

Limfātiskās sistēmas vadi uzņem no audiem lieko šķidrumu un nogādā to atpakaļ asinsrites sistēmā. Palielinājumā ir parādīts limfvada vārstulis, kas nodrošina limfas plūsmu tikai vienā virzienā.



7.2. attēls. Limfoīdie orgāni

Limfoīdie orgāni ir limfmezgli, liesa, aizkrūtes dziedzeris un sarkanās kaula smadzenes. Tajos veidojas limfocīti.

Limfoīdie orgāni palīdz radīt imunitāti

Limfoīdie orgāni ir orgāni, kas saistīti ar limfātisko sistēmu. Īpaši nozīmīgi limfoīdie orgāni ir limfmezgli, liesa, aizkrūtes dziedzeris un kaula smadzenes (7.2. att.).

Limfmezgli ir nelieli (1–25 mm) apaļi vai ovāli veidojumi. Tie atrodas limfātiskās sistēmas noteiktās vietās. Limfmezglam ir šķiedraina saistaudu kapsula, kuru caurauž ieejošie un izejošie limfvadi. Saistaudi sadala limfmezglu vairākos mezgliņos. Katrā mezgliņā ir sinuss (vaļējs dobums) ar limfocītiem un makrofāgiem. Kad limfa plūst caur sinusiem, makrofāgi attīra to no infekcijas izraisītājiem un citiem svešķermeņiem.

Mezgliņi var būt pa vienam vai arī grupās. Rikles mandeles, mēles sānos esošās mandeles un aizdegunes mandeles jeb adenoīdi ir veidoti no daļēji iekapsulētiem limfmezgļiem. Arī tievās zarnas sienā ir limfmezgli.

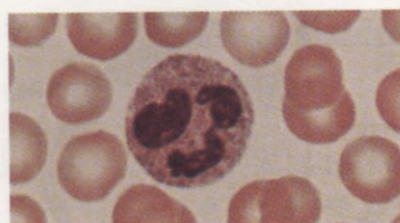
Limfmezgli ir sakārtoti grupās noteiktās ķermeņa vietās. Šādas limfmezglu grupas ir cirkšņos un padusēs.

Liesa atrodas vēdera dobuma augšējā daļā tieši zem diafragmas. Liesas uzbūve ir līdzīga limfmezgla uzbūvei. Ārējie saistaudi sadala liesu atsevišķās daivās, kurās ir

sinusi. Liesas sinusos ir asinis, nevis limfa. Liesas asinsvadi spēj izplesties, tāpēc šis orgāns kalpo par asiņu rezervuāru, kas piegādā asinis tad, kad ir pazeminājies asinsspiediens vai arī organismam ir pastiprināti nepieciešams skābeklis.

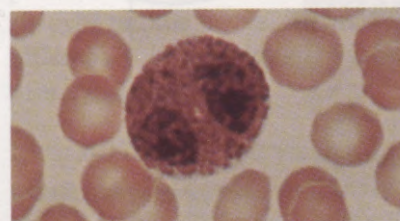
Liesas mezgliņos ir sarkanā un baltā pulpa. Sarkanā pulpa sastāv no eritrocītiem, limfocītiem un makrofāgiem, bet baltā pulpa – galvenokārt no limfocītiem. Sarkanā pulpa palīdz attīrīt caur liesu plūstošās asinis no baktērijām un nolietotajiem vai bojātajiem eritrocītiem. Ja traumas dēļ ir radies liesas plīsums, liesa šīs funkcijas nespēj veikt. Lai gan šādā gadījumā liesas funkcijas uzņemas citi orgāni, tomēr cilvēkam bieži vien ir palielināta uzņēmība pret infekcijas slimībām un nepieciešama antibiotiku terapija.

Aizkrūtes dziedzeris atrodas krūškurvja augšējā daļā starp traheju un krūšu kaulu. Šā dziedzera izmēri ir mainīgi. Bērnam tas parasti ir lielāks nekā pieaugušam cilvēkam, bet vecumā var pat pavisam izzust. Saistaudi sadala aizkrūtes dziedzeri daiviņās, kurās nobriest T-limfocīti. Iespējams, ka aizkrūtes dziedzerim ir vēl citas funkcijas imunitātes nodrošināšanā.



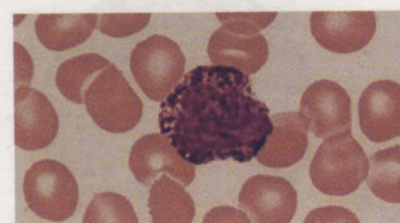
Neitrofil
40 – 70 %
Fagocītē (aprij)
galvenokārt baktērijas.

20 μm



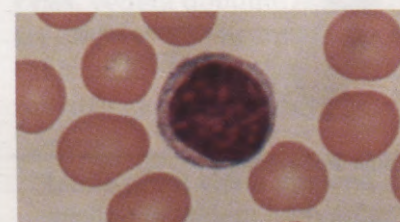
Eozinofili
1 – 4 %
Fagocītē un noārda
antigēnu-antivienu
kompleksus.

20 μm



Bazofili
0 – 1 %
Atbrīvo histamīnus,
ja tie tiek stimulēti.

20 μm



Limfocīti
20 – 45 %
B-šūnas veido
antivienu limfā un asinīs.
T-šūnas nogalina
šūnās virusus.

20 μm



Monocīti
4 – 8 %
Kļūst par makrofāgiem,
kuri fagocītē baktērijas
un virusus.

20 μm

7.3. attēls. Leikocīti

Ir piecu veidu leikocīti. Tie atšķiras pēc uzbūves un funkcijām. Katra šūnu veida daudzums ir izteikts procentos no kopējā leikocītu skaita.

Sarkanajās kaula smadzenēs rodas eritrocīti un visu veidu leikocīti, arī tie, kuri nodrošina imunitāti (7.3. att.). Kaula smadzenēs ir celma šūnas, kas spēj dalīties un veidot

šūnas, kuras pēc tam diferencējas par dažāda veida asins šūnām. Bērniem lielākajā daļā kaulu ir sarkanās kaula smadzenes, bet pieaugušajiem tās atrodas tikai galvaskausa kaulos, ribās, krūšu kaulā, atslēgkaulos, iegurņa kaulos un mugurkaulā. Sarkanās kaula smadzenes sastāv no saistaudiem jeb retikulāro audu un šķiedru karkasa. Retikulāros audus veido retikulārās šūnas, kas kopā ar celma šūnām un šo šūnu pēctečiem atrodas biezsienainos sinusos, kuros ir venozas asinis. Izveidojušās asins šūnas no šiem sinusiem nonāk asinsritē.

Limfoidie orgāni palīdz veidot imunitāti. Limfa attīrās limfmezglos, bet asinis attīrās liesā. T-limfocīti nobriest aizkrūtes dziedzerī. Leikocīti veidojas sarkanajās kaula smadzenēs.

7.2. Nespecifiskā imunitāte

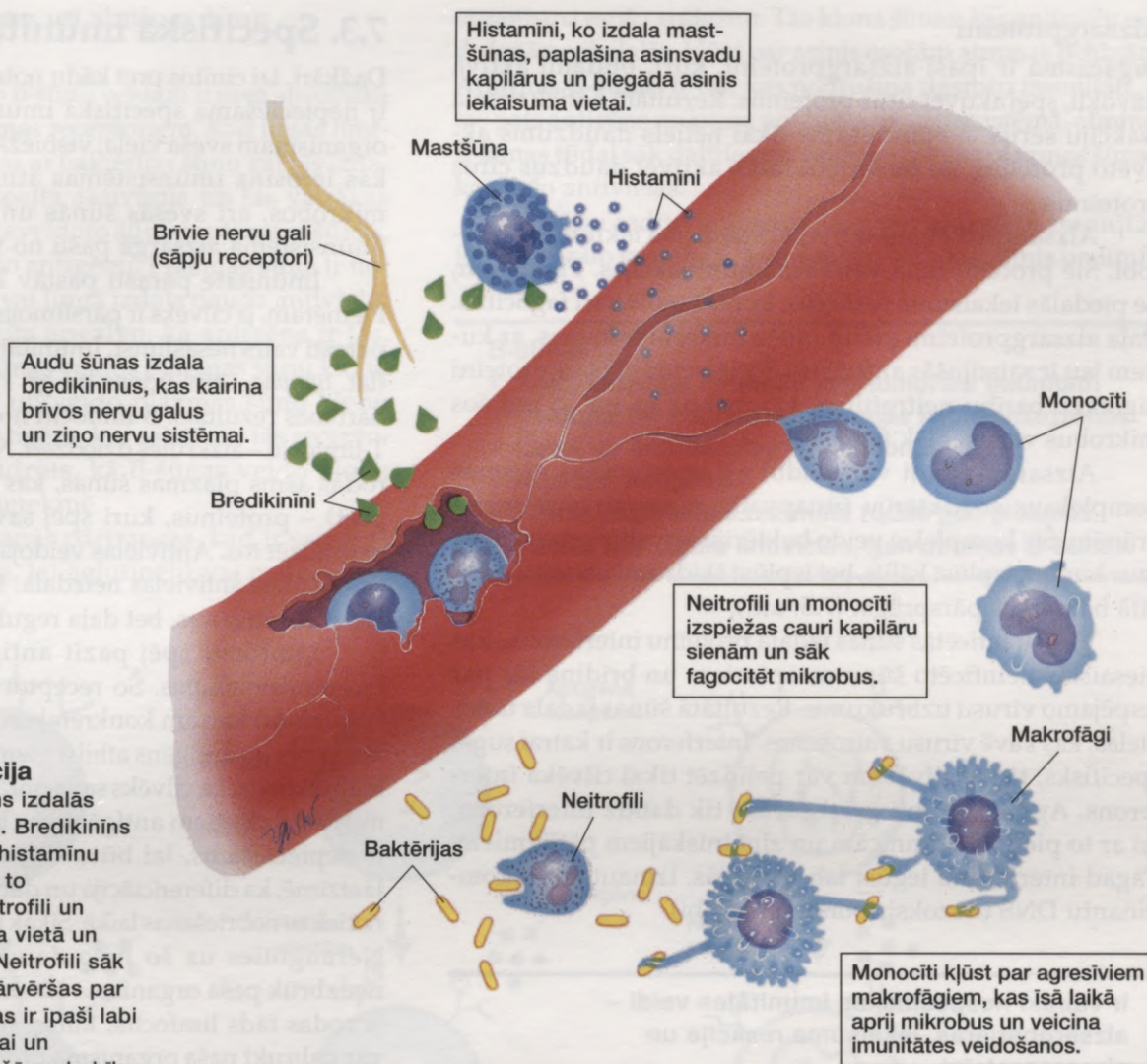
Imunitāte (lat. *immunis* – atbrīvots, brīvs) ir organisma spēja pasargāt sevi no infekciju izraisītājiem, svešām šūnām un pat no paša organisma nenormālām šūnām, piemēram, vēža šūnām. Dabiskā imunitāte pasargā cilvēku no slimībām, ko ierosina mikroorganismi (gr. *mikros* – sīks, mazs), un no vēža. Pastāv nespecifiskā un specifiskā imunitāte. Ir trīs nespecifiskās aizsardzības veidi – aizsargbarjeras, kas neļauj iekļūt infekcijas ierosinātājiem, iekaisuma reakcija un aizsargproteīni.

Aizsargbarjeras

Āda un gļotādas, kas izklāj elpceļus, gremošanas sistēmu un urīnceļus, kalpo kā mehāniskās barjeras mikrobu ceļā. Tauku dziedzeru sekretā ir vielas, kas novājina vai iznīcina uz ādas nonākušās baktērijas. Elpceļu augšējā daļa ir izklāta ar skropstiņepitēliju, kas gļotas un tajās aizturētās daļiņas virza uz rīkli. Rīklē tās tiek norītas vai klepojot izvadītas laukā. Kuņģī ir skābe, kas kavē daudzu veidu baktēriju augšanu. Daudzas baktērijas, kas pastāvīgi atrodas zarnās vai citās organisma vietās, piemēram, makstī, novērš patogēno baktēriju ieviešanos.

Iekaisuma reakcija

Ja ādu bojā kaut vai pavisam neliels ievainojums, tajā notiek procesi, kas rada **iekaisuma reakciju** (lat. *inflammation*, in – iekšā un *flamma* – uguns). Iekaisuma vietā ir sārtums, sāpes, satūkums, karstums. 7.4. attēlā ir parādīts, kas piedalās iekaisuma reakcijā. Mastšūnas, kas arī piedalās šajās norisēs, ir radušās no bazofiliem (7.3. att.), kuri nodrošina audu rezistenci.



7.4. attēls. Iekaisuma reakcija

Kad ir bojāts asinsvads, vispirms izdalās bredikinīns, pēc tam – histamīni. Bredikinīns stimulē nervu galus un kopā ar histamīnu izraisa asinsvadu izplešanos un to caurlaidības palielināšanos. Neitrofili un monocīti sapulcējas ievainojuma vietā un izspiežas cauri kapilāra sienai. Neitrofili sāk fagocitēt baktērijas. Monocīti pārvēršas par makrofāgiem – lielām šūnām, kas ir īpaši labi piemērotas fagocitozes veikšanai un vienlaikus stimulē arī citu asins šūnu darbību.

Ja gadās ievainojums, tad tiek bojāti kapilāri un vairākas audu šūnas, kuras izdala bredikinīnu (gr. *bradys* – lēns un *kineo* – kustēties). Šīs vielas molekulas ierosina receptorus, kuri rada nervu impulsus. Cilvēks jūt sāpes. Tajā pašā laikā mastšūnas izdala histamīnu (gr. *histos* – audi), kas kopā ar bredikinīnu paplašina kapilārus un padara tos caurlaidīgākus. Rezultātā āda kļūst sārta. Pietūkums rodas pastiprinātas caurlaidības dēļ, izplūstot proteīniem un šķidrumam. Paaugstinās temperatūra. Tas palīdz samazināt mikrobu skaitu ievainojuma vietā, kā arī pastiprina leukocītu veikto fagocitozi.

Jebkurš ādas bojājums ļauj mikrobiem iekļūt ādā un izraisa neitrofilu un monocītu migrāciju ievainojuma virzienā. Neitrofili un monocīti ir amēbveida šūnas, kas spēj mainīt formu un iekļūt caur kapilāru sienām audu šķidrumā. Neitrofili fagocitē baktērijas. Fagocitozes laikā veidojas endocitārais pūslītis. Ieskauto baktēriju noārda hidrolītiskie enzīmi (fermenti), un endocitārais pūslītis saplūst ar šūnas organelu lizosomu.

Monocīti pārvēršas par makrofāgiem (gr. *makros* – garš un *phagein* – ēst) – lielām fagocītu šūnām, kuras spēj aprīt simtiem baktēriju vai vīrusu un pašas izdzīvot.

Dažos audos, galvenokārt saistaudos, makrofāgi atrodas visu laiku un nepārtraukti darbojas kā atkritumu savācēji, likvidējot vecās šūnas, nedzīvās audu daļas un citas atliekas. Makrofāgi var izdalīt augšanas faktorus, kuri nonāk sarkanajās kaula smadzenēs un stimulē leukocītu veidošanos un izdalīšanos asinīs. Rezultātā ievērojami palielinās leukocītu, galvenokārt neitrofilu skaits.

Kad organisms ir sācis uzveikt infekciju, daļa neitrofilu iet bojā. Tie kopā ar mirušajiem audiem, šūnām, baktēriju un dzīvajām leukocītu šūnām veido bālganas krāsas **strutas** (lat. *pus* – samaitājusies viela no jēluma). Tātad strutu veidošanās liecina par to, ka organisms cenšas pārvarēt infekciju.

Iekaisuma reakcija ir "ciņas sauciens" – tā aicina fagocitārās leukocītu šūnas uz baktēriju iekļūšanas vietu.

Aizsargproteīni

Organismā ir īpaši aizsargproteīni, kuri, būdami aktīvā stāvoklī, spēj aktivēt citus proteīnus. Rezultātā notiek vesela reakciju sērija. Nepieciešams tikai neliels daudzums aktivēto proteīnu, lai tie varētu tālāk aktivēt daudzus citus proteīnus.

Aizsargproteīnus aktivizē organismā iekļuvušie mikrobi. Šie proteīni rada vairākas imūnreakcijas. Piemēram, tie piedalās iekaisuma reakcijās, kurās iesaista arī fagocītus. Daļa aizsargproteīnu pielīp pie to mikrobu virsmas, ar kuriem jau ir saistījušās antivielas. Šādā veidā aizsargproteīni sagatavo barību neitrofiliem vai makrofāgiem, jo tad šos mikrobus var vieglāk fagocitēt.

Aizsargproteīni var veidot arī membrānas virsmas kompleksus ar baktēriju šūnapvalkiem un virsmas membrānām. Šie kompleksi veido baktēriju apvalkos caurumus, caur kuriem izplūst kālijs, bet ieplūst šķidrums un sāļi; rezultātā baktērijas pārsprāgst (7.5. att.).

Vīrusu inficētās šūnas izdala proteīnu interferonu, kas piesaistās neinficēto šūnu receptoriem un brīdina tās par iespējamo vīrusu uzbrukumu. Rezultātā šūnas izdala tādas vielas, kas kavē vīrusu vairošanos. Interferons ir katrai sugai specifisks, tāpēc cilvēkam var palīdzēt tikai cilvēka interferons. Agrāk bija ļoti grūti savākt tik daudz interferona, lai ar to pietiktu slimnīcām un zinātniskajiem pētījumiem. Tagad interferonu iegūst laboratorijās, izmantojot rekombinantu DNS (dezoksiribonukleīnskābi).

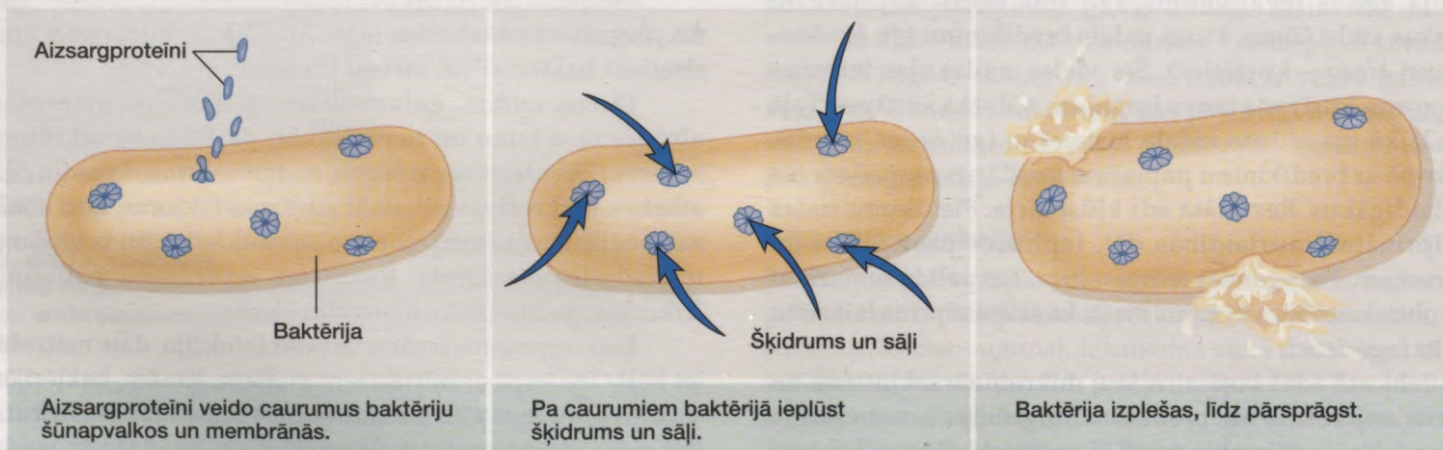
Ir vairāki nespecifiskās imunitātes veidi – aizsargbarjeras, iekaisuma reakcija un aizsargproteīni.

7.3. Specifiskā imunitāte

Dažkārt, lai cīnītos pret kādu noteiktu antigēnu, organismam ir nepieciešama specifiskā imunitāte. **Antigēns** ir jebkura organismam sveša viela, visbiežāk proteīns vai polisaharīds, kas ierosina imūnsistēmas atbildes reakciju. Antigēni ir mikrobus, arī svešās šūnās un vēža šūnās. Var teikt, ka imūnsistēma aizsargā pašu no visa tā, kas nav viņš pats.

Imunitāte parasti pastāv kādu noteiktu laika sprīdi. Piemēram, ja cilvēks ir pārslimojis masalas, otrreiz viņš ar tām parasti vairs nesaslimst. Imunitāte galvenokārt ir **B-limfocītu** (lat. *lymph* – tīrs ūdens un gr. *kytos* – šūna) un **T-limfocītu** darbības rezultāts. B-limfocīti nobriest kaula smadzenēs, bet T-limfocīti – aizkrūtes dziedzerī. No B-limfocītiem jeb B-šūnām rodas asins plazmas šūnas, kas veido **antivielas** (gr. *anti* – pret) – proteīnus, kuri spēj savienoties ar antigēniem un neitralizēt tos. Antivielas veidojas asinīs un limfā. T-limfocīti jeb T-šūnas antivielas neizdala. Daļa T-šūnu uzbrūk šūnām, kas nes antigēnus, bet daļa regulē imūnreakcijas.

Limfocīti spēj pazīt antigēnu, jo uz to virsmas ir receptormolekulas. Šo receptoru forma ir komplementāra (atbilstoša) katram konkrētajam antigēnam. Parasti saka, ka receptors un antigēns atbilst viens otram kā atslēga slēdzenī. Ir aprēķināts, ka cilvēks sava mūža laikā sastopas ar apmēram miljoniem dažādiem antigēniem. Tātad, lai pasargātu cilvēku, ir nepieciešams, lai būtu tikpat daudz dažādu limfocītu. Jāatzīmē, ka diferenciācija un daudzveidīgo limfocītu rašanās notiek to nobriešanas laikā. Sīkāk par to var izlasīt 129. lappusē. Neraugoties uz šo lielo daudzveidību, limfocīti nekad neuzbrūk paša organisma šūnām. Visticamāk, ka gadījumā, ja rodas tāds limfocīts, kuram ir receptori, ar kā palīdzību var uzbrukt paša organisma proteīniem, tad šis limfocīts tiek apspiests un pārtrauc funkcionēt.



7.5. attēls. Aizsargproteīnu cīņa ar baktērijām

Kad imūnreakcija ir aktivizējusi aizsargproteīnus, tie rada caurumus baktēriju šūnapvalkos un plazmatiskajās membrānās. Caur tiem baktērijas šūnā ieplūst šķidrums un sāļi, līdz tā pārsprāgst.

B-limfocīti – plazmas šūnu un atmiņas šūnu veidotāji

Katram B-limfocītu jeb B-šūnu veidam ir sava specifiska antivielas, kas atbilst tās virsmas receptoriem. Kad liesas limfmezglā esošā B-šūna saduras ar baktērijas šūnu vai tās izdalīto toksīnu, notiek šī limfocīta aktivācija un tas vairākas reizes dalās. Vairums jaunizveidoto šūnu ir plazmas šūnas, kuras ražo antivielas pret šo antigēnu. **Plazmas šūna** ir nobriedusi B-šūna, kas asinīs vai limfā izdala daudz antivielu.

Klonu selekcijas teorija apgalvo, ka antigēns ir tas, kas nosaka, kura veida B-šūnas veidos plazmas šūnu klonu (7.6. att.). B-šūna vairojas un veido plazmas šūnu klonu tikai tad, ja ir atbilstošais antigēns, kas saistās ar tās receptoriem. Turpmāk tiks izskaidrots, kā B-šūnas veido klonu T-līdzētājšūnu sekrēcijas ietekmē.

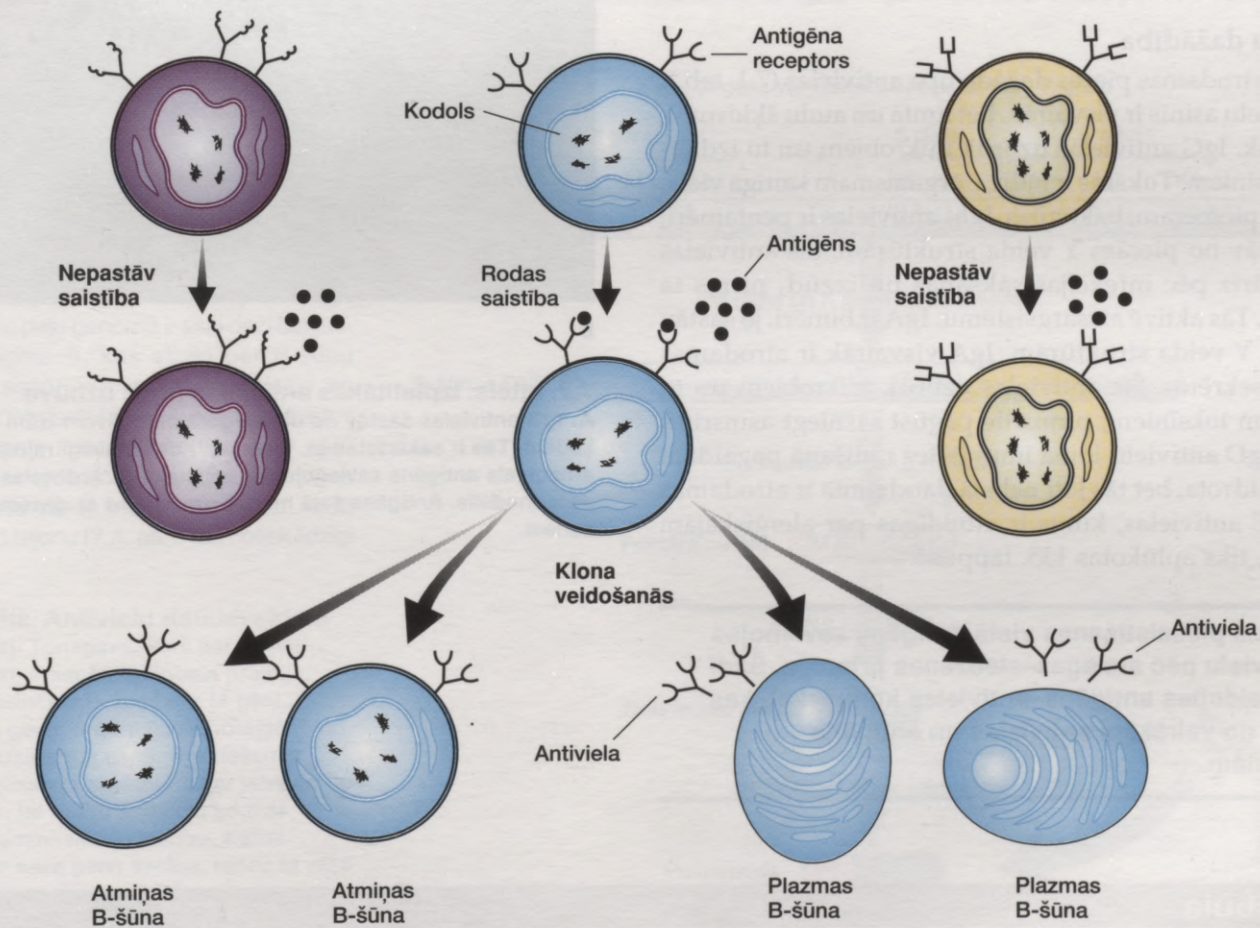
Plazmas šūnu veidošanās pārtraucas, kad ir saražots pietiekami daudz antivielu, lai aglutinētu vai neitralizētu

organismā esošo antigēnu. Tās klonā šūnas, kas antivielu veidošanā nepiedalās, kļūst par asinīs esošām atmiņas B-šūnām. **Atmiņas B-šūnas** ir tās, kas nodrošina ilgstošu imunitāti. Ja tas pats antigēns no jauna nokļūst asinsrites sistēmā, atmiņas B-šūnas tūdaļ sāk dalīties un veidojas jaunas plazmas šūnas, kas ražo antivielas.

B-šūnu radīto imunitāti sauc par **antivielu imunitāti** jeb humorālo imunitāti, jo antivielas atrodas asinīs un limfā.

B-šūnas

- Rada antivielu imunitāti jeb humorālo imunitāti.
- Veidojas un nobriest sarkanajās kaula smadzenēs.
- Liesā un limfmezglos veido klonus.
- Atpazīst antigēnu.
- Klonu veidošanas rezultātā rodas gan plazmas šūnas, kas izdala antivielas, gan atmiņas B-šūnas.



7.6. attēls. B-šūnu klonu selekcijas teorija

Šajā attēlā ar krāsu palīdzību ir parādīts, ka uz trijām B-šūnām ir dažādas ar membrānu saistītas antivielas. Antigēns aktivē vienīgi to B-šūnu, kurai ir apaļi receptori. Šī šūna sāk veidot klonu, un rodas daudz plazmas šūnu, kas izdala antivielas pret konkrēto antigēnu. Vienlaikus veidojas arī atmiņas šūnas, kas pazīst konkrēto antigēnu.

Kā darbojas antivielas

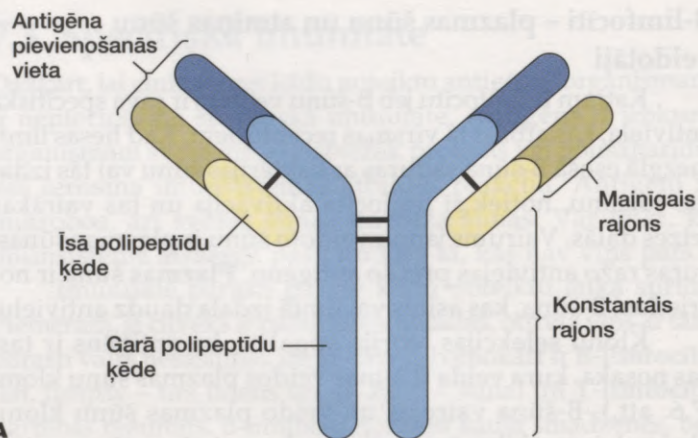
Vispazīstamākais antivielu veids ir antivielas (IgG) Y veida proteīna molekula ar diviem zariem. Katrs zars sastāv no vienas garas un vienas īsas polipeptīdu ķēdes. Šajās ķēdēs ir konstanti rajoni, kuros aminoskābju secība ir nemainīga, un mainīgi rajoni, kuros aminoskābju secība var mainīties (7.7. att.). Konstantie rajoni nav vienādi pilnīgi visām antivielām, bet tikai vienai un tai pašai antivielu grupai. Mainīgie rajoni ir antigēnu piesaistīšanās vietas, tāpēc tie ir tikpat dažādi, cik dažādi ir antigēni. Antivielas un antigēna saistīšanās notiek pēc atslēgas–slēdzenes principa.

Ir vairāki antigēna–antivielas saistīšanās veidi, bet diezgan bieži šajā reakcijā veidojas ar antivielām saistītu antigēnu kompleksi. Šāds antigēna–antivielu komplekss, ko dažkārt sauc par imūnkompleksu, padara antigēnus pieejamus citiem spēkiem, kuri tos iznīdē. Piemēram, šādu antigēna–antivielas kompleksu var ielenkt neitrofili vai makrofāgi, kā arī aktivizēt aizsargproteīni, kuri mikrobus padara piemērotākus fagocitozei.

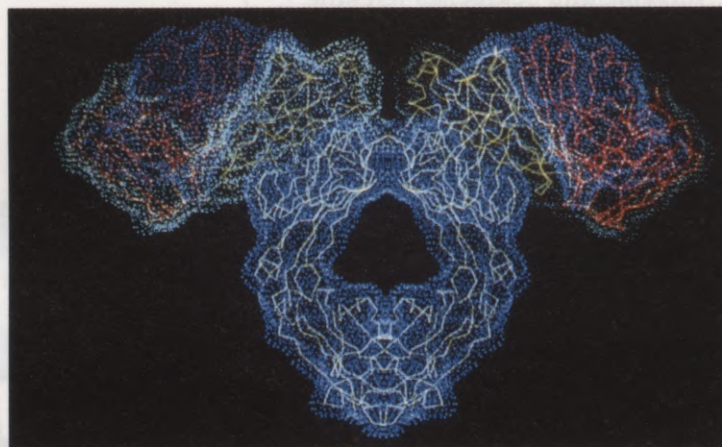
Antivielu dažādība

Asinsritē atrodamas piecas dažāda tipa antivielas (7.1. tab.). IgG antivielu asinīs ir visvairāk, bet limfā un audu šķidrumā to ir mazāk. IgG antivielas uzbrūk mikrobiem un to izdalītajiem toksīniem. **Toksīns** ir indīga, organismam kaitīga viela, ko izdala, piemēram, baktērijas. IgM antivielas ir pentamēri, jo tās sastāv no piecām Y veida struktūrām. Šīs antivielas parādās drīz pēc infekcijas sākšanās un izzūd, pirms tā likvidējas. Tās aktivē aizsargsistēmu. IgA ir bimēri, jo sastāv no divām Y veida struktūrām. IgA visvairāk ir atrodamas ķermeņa sekrētos. Šīs antivielas uzbrūk mikrobiem un to izdalītajiem toksīniem, pirms tie pagūst sasniegt asinsrites sistēmu. IgD antivielu loma imunitātes radīšanā pagaidām nav noskaidrota, bet tās ļoti nelielā daudzumā ir atrodamas asinīs. IgE antivielas, kuras ir atbildīgas par alerģiskajām reakcijām, tiks aplūkotas 135. lappusē.

Antigēna piesaistīšanas vietā antigēns savienojas ar antivielu pēc atslēgas–slēdzenes principa. Šādi var izveidoties antigēna–antivielas kompleksi, kas sastāv no vairākām antivielas un antigēna molekulām.



A



B

7.7. attēls. Izplatītākās antivielas (IgG) uzbūve

A. IgG antivielas sastāv no divām garām un divām īsām polipeptīdu ķēdēm. Tās ir sakārtotas tā, ka tajās ir divi mainīgi rajoni, kuros attiecīgais antigēns savienojas ar antivielu. **B.** Antivielas molekulas datormodelis. Antigēns šajā modeli savienojas ar diviem sānu zariem.

7.1. tabula

Antivielas

Veidi	Atrašanās vieta	Funkcijas
IgG	Asinīs	Uzbrūk mikrobiem un baktēriju toksīniem, pastiprina fagocitozi
IgM	Asinsritē	Aktivizē aizsargsistēmu; salīpina šūnas
IgA	Ķermeņa sekrētos, piemēram, siekalās un pienā	Uzbrūk mikrobiem un baktēriju toksīniem
IgD	Ļoti nelielā daudzumā asinīs	To klātbūtne nepieciešama B-šūnu nobriešanai
IgE	Asiņu bazofilu un audu mastšūnu membrānu receptoros	Rada alerģiskās reakcijas

Uzziniet tuvāk

► Susumu Tonegava un antivielu daudzveidība

Japānas zinātnieks Susumu Tonegava 1987. gadā kļuva par Nobela prēmijas laureātu medicīnā. Kolēģi raksturo viņu kā radošu ģēniju, kurš intuitīvi zina, kā jāsagatavo eksperiments. Doktors S. Tonegava izvirzīja sev aizraujošu un grūtu uzdevumu. Imunologi un ģenētiķi zināja, ka katra B-šūna veido antivielu, kas atbilst noteikta antigēna formai. Bet kā gan cilvēka genomā var būt tik daudz informācijas, lai kodētu aptuveni miljardu dažādu antivielu, kas mūža laikā ir nepieciešamas mikrobu uzveikšanai?

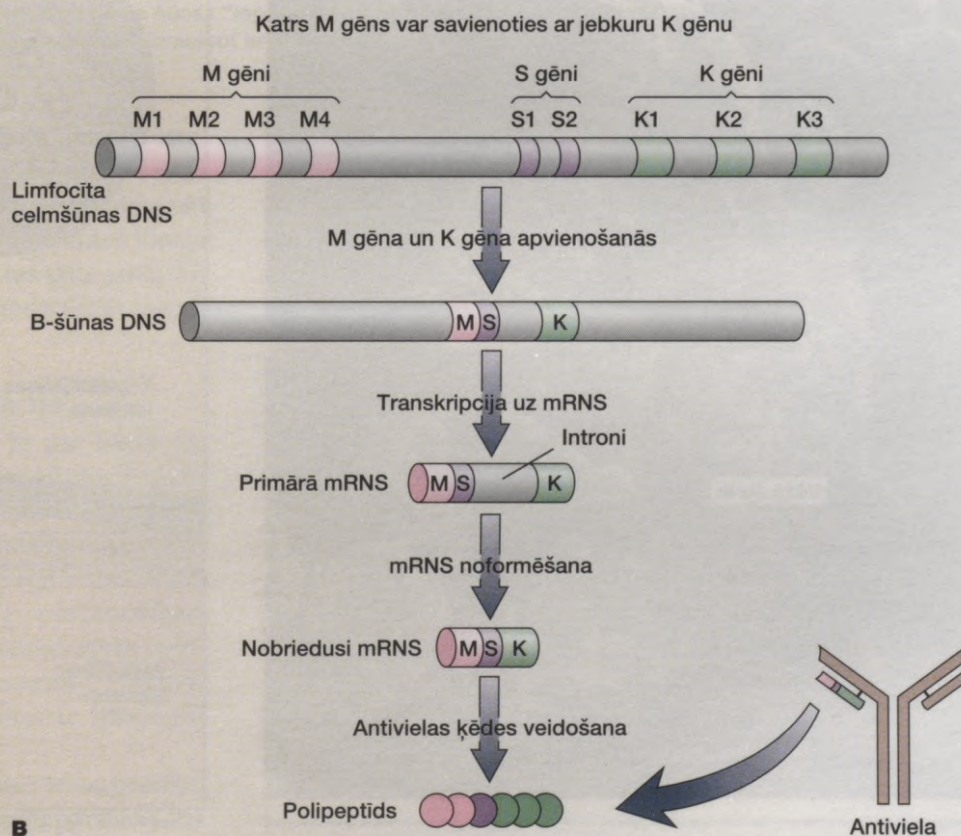
Antivielas sastāv no divām garām un divām īsām polipeptīdu ķēdēm, kurām ir konstantais un mainīgais rajons. Konstantais rajons nosaka antivielas veidu, bet mainīgais rajons nodrošina saistību ar specifisko antigēnu (7.7. att.). Katra veida B-šūnai vajadzētu atbilst diviem gēniem – vienam, kas kodē īsās ķēdes mainīgo rajonu, un otram, kas kodē garās ķēdes mainīgo rajonu.

Pētot peļu embrijus un pieaugušas peles, S. Tonegava atklāja, ka embriju šūnu DNS kodā ir daudzas pa visu genomu izkaisītas koda sekvences, kas kodē gan mainīgos, gan konstantos rajonus, bet pieaugušu peļu genomā ir tikai daži blakus esoši segmenti, kas atbild par B-šūnu antivielu sintēzi. Zinātnieks konstatēja, ka B-šūnas nobriestot nejauši atlasa noteiktus DNS fragmentus, kas kopīgi kodē specifisku mainīgo rajonu, kā arī pievieno šos fragmentus citiem fragmentiem, kuri kodē konstanto rajonu (7.A. att.). Tas notiek līdzīgi

kā ar pircējiem pārtikas preču universālveikalā. Katrs pircējs, kas apmeklē šo lielveikalu, izvēlas sev dažādas preces, un kopējais izvēlēto pirkumu variantu skaits ir neiedomājami liels. S. Tonegava konstatēja



A



B

7.A. attēls. Antivielu daudzveidība

A. Susumu Tonegava, kurš par saviem pētījumiem ir saņēmis Nobela prēmiju.

B. Nobriedušām B-šūnām ir M gēni (mainīgie gēni), S gēni (savienotāģēni) un K gēni (konstantie gēni). Nobriešanas laikā M gēns var savienoties ar jebkuru no K gēniem, lai radītu antivielu ķēdi ar noteiktu aminoskābju secību. Katrai B-šūnai ir sava gēnu secība, tāpēc tā ražo tikai tai raksturīgo antivielu.

arī to, ka, pārkombinējoties dažādiem segmentiem, rodas mutācijas. Arī šādas mutācijas ir viens no antivielu daudzveidības avotiem. 1963. gadā S. Tonegava beidza Kioto Universitāti un 1969. gadā Sandjego Universitātē (pastāvīga universitāte pie Kalifornijas Universitātes) ieguva doktora grādu. No 1971. gada viņš veica savus eksperimentus Bāzeles Imunoloģijas institūtā, par tiem iegūstot Nobela prēmiju. No 1970. gada viņš veic eksperimentus, lai izolētu T-šūnu receptorus. Šis ir vēl daudzsoļāks darbalauks par B-šūnu antivielu pētījumiem. No 1981. gada viņš ir Masačūsetsas Tehnoloģiskā institūta profesors. Viņu uzskata par enerģisku, neatlaidīgu pētnieku, kurš strādā pat vēl nakti.

T-limfocītu daudzveidība

Ir dažāda veida T-limfocīti jeb T-šūnas: citotoksiskās T-šūnas, T-līdzētājšūnas, atmiņas T-šūnas un T-supresoršūnas. Daži pētnieki apšaubā T-supresoršūnu eksistenci un uzskata, ka gēnu darbības apspiešana (supresija) notiek, pastāvot dažādiem citokinīniem, ko izdala T-šūnas. Aizkrūtes dziedērī notiek citotoksisko T-šūnu un T-līdzētājšūnu diferenciācija. Atmiņas T-šūnas un T-supresoršūnas rodas vēlāk. Visas T-šūnas izskatās līdzīgas, bet atšķiras vienīgi ar savām funkcijām.

Citotoksiskās T-šūnas (gr. *kytos* – šūnas un *toxikon* – inde) sauc arī par T-galētājšūnām. Tās uzbrūk un noārda antigēnus nesošās šūnas, piemēram, vīrusu inficētās šūnas vai vēža šūnas. Šo T-šūnu vakuolas uzkrāj tādu vielu, kas nevēlamo šūnu plazmatiskajās membrānās rada caurumus,

pa kuriem šūnās iekļūst ūdens un sāļi. Šūna, kurai ir uzbrukts, uzbriest un pārplīst (7.8. att.). Tātad T-galētājšūnas rada imunitāti, iznīcinot antigēnu nesošās šūnas.

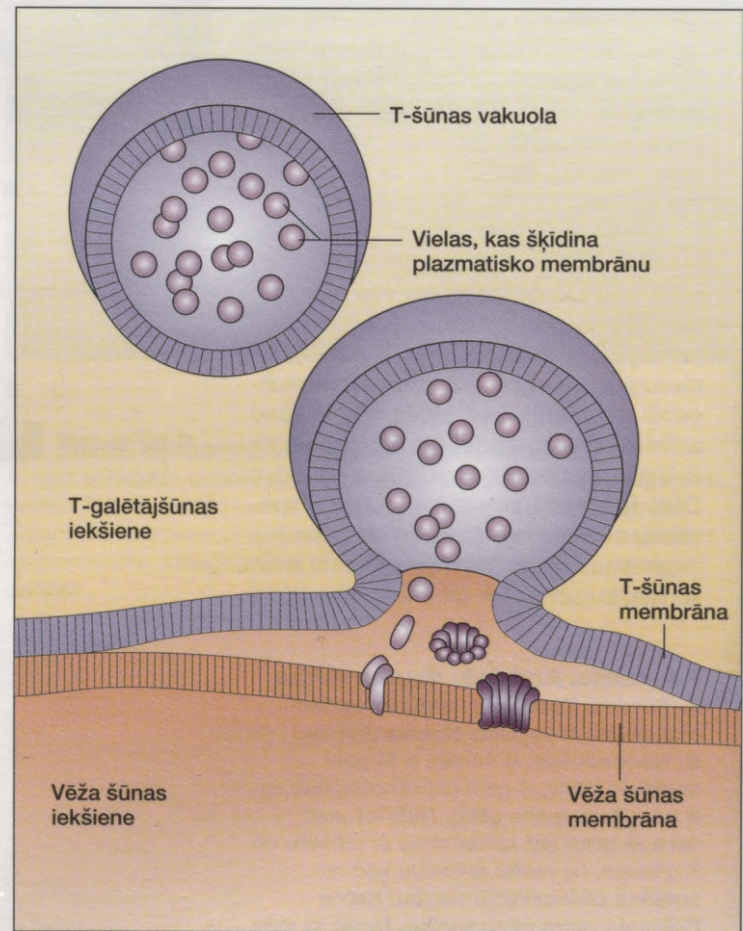
T-līdzētājšūnas piedalās imunitātes veidošanā, aktivizējot citas imūnšūnas. Ja tiek atklāts antigēns, T-līdzētājšūnas palielinās un izdala limfokīnus (lat. *lymphā* – tīrs ūdens un gr. *kineo* – kustēties) – stimulatorus, kas izraisa T-līdzētājšūnu kлона veidošanos un veicina pārējo imūnšūnu darbību. Piemēram, limfokīnu ietekmē makrofāgi aktīvāk veic fagocitozi un B-šūnas kļūst par antivielas veidojošām plazmas šūnām. Tā kā HIV, kas izraisa AIDS, uzbrūk tieši T-šūnām un dažām citām imūnsistēmas šūnām, tas inaktivē imūnreakcijas. AIDS problēma ir aplūkota 132. lappusē.

T-supresoršūnas, pārtraucot T-līdzētājšūnu attīstību, regulē imūnreakcijas. Tā kā T-šūnas savukārt stimulē B-šūnas



A

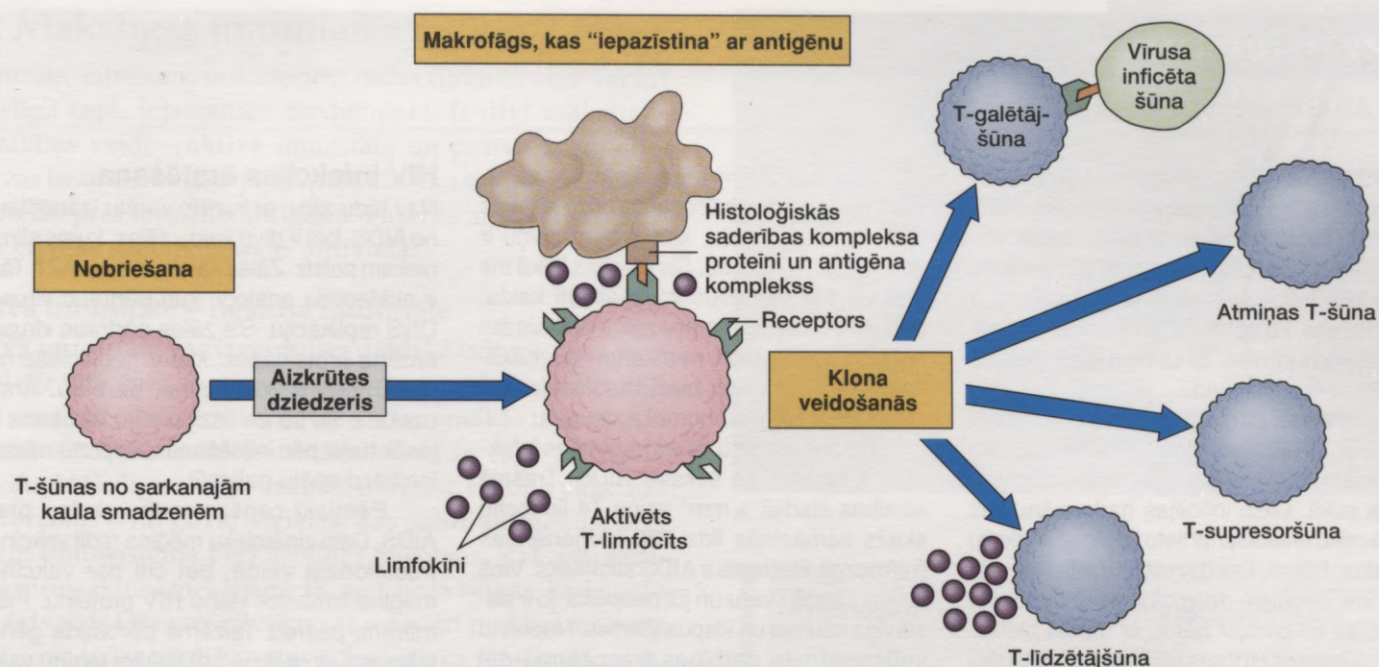
1 μm



B

7.8. attēls. Imunitātes radīšana, iznīcinot antigēnu nesošās šūnas

A. Skenējošā elektronmikroskopā iegūtajā attēlā redzams, kā T-galētājšūnas uzbrūk vēža šūnām un tās noārda. **B.** T-galētājšūnu vakuolu saturs saplūst ar vēža šūnas plazmatisko membrānu un izdala vielu, kas šajā membrānā rada caurumus. Pēc tam vēža šūnā ieplūst šķidrums un sāļi un tā piebriest.



7.9. attēls. T-šūnu aktivācija un daudzveidība

T-šūnas nobriest aizkrūtes dziedzerī (tīmusā). Ja makrofāgi šīs šūnas "iepazīstina" ar antigēnu, tās aktivizējas. Izveidojas T-šūnu klons, kas satur četru veidu T-šūnas. T-galētājšūnas nodrošina imunitāti, iznīcinot inficētās šūnas vai vēža šūnas.

veidot antivielas, tad T-supresoršūnas regulē gan B-šūnu, gan T-šūnu imūnreakcijas. Pēc gēnu darbības apspiešanas (supresijas) atmiņas T-šūnu populācija reizēm saglabājas pat uz visu mūžu. Atmiņas T-šūnas vienmēr spēj veidot limfokīnus, stimulēt makrofāgus un B-šūnas. Ja tas pats antigēns nonāk organismā, atmiņas T-šūnas palīdz nodrošināt aktīvo imunitāti.

T-galētājšūnu un T-līdzētājšūnu aktivācija

T-šūnām, tāpat kā B-šūnām, ir receptori. Ja par limfā vai asinīs esošajiem antigēniem nepazīno īpašas šūnas, T-galētājšūnas atšķirībā no B-šūnām nespēj tos atpazīt. Visbiežāk šīs īpašās šūnas ir makrofāgi, kas ielenc mikrobu un ar citoplazmā esošo pūslīšu palīdzību sašķeļ to fragmentos. Šiem fragmentiem ir antigēnu īpašības. Makrofāgu plazmatiskajā membrānā fragmenti saistās ar histoloģiskās saderības kompleksa proteīniem. Šajā brīdī tos "spēj pamanīt" T-šūnas. Histoloģiskās saderības kompleksa proteīni ir specifiski katram indivīdam.

Atklājot, ka histoloģiskās saderības kompleksa proteīni padara audus specifiskus un rada grūtības audu pārstādīšanā

no viena dzīvnieka vai cilvēka otram, zinātnieki noskaidroja šo proteīnu nozīmi. Tātad, ja donors un recipients nav histoloģiski saderīgi, transplantācija nevar būt sekmīga.

7.9. attēlā parādīts, kā makrofāgs "iepazīstina" T-līdzētājšūnu ar antigēnu, kā notiek klona un to atmiņas T-šūnu veidošanās, kuras vēlāk pazīst to pašu antigēnu. Kad T-galētājšūna iepazīst antigēnu, tā var uzbrukt un noārdīt jebkuru ar to pašu vīrusu inficētu šūnu. Tādā veidā T-šūnas piedalās aktīvās imunitātes radīšanā.

T-šūnas

- Rada imunitāti ar šūnu starpniecību.
- Veidojas sarkanajās kaula smadzenēs un nobriest aizkrūtes dziedzerī.
- Pazīst antigēnu tikai tad, ja citas šūnas, parasti makrofāgi, palīdz to iepazīt.
- T-galētājšūnas sameklē un iznīcina antigēnu saturošās šūnas.
- T-līdzētājšūnas izdala limfokīnus un stimulē citu imūnšūnu darbību.

Uzziniet tuvāk

► AIDS epidēmija

AIDS (iegūto imūndeficīta sindromu) rada retrovīrusi, ko sauc par HIV (cilvēka imūndeficīta vīruss). Pašlaik ar HIV ir inficēti vismaz 20 miljoni cilvēku, un līdz 21. gadsimtam būs inficēti vēl vismaz 100 miljoni. Ir aprēķināts, ka aptuveni ik 15 sekundēs inficējas kāds cilvēks. Šī slimība īpaši izplatīta homoseksuālistu vidū.

HIV tiek pārnesti seksuālo kontaktu laikā ar inficētu personu. Inficēties var gan vagināla, gan rektāla, gan orāla dzimumakta laikā. Bieži inficējas narkomāni, kas narkotiku ievadīšanai lieto kopīgas injekciju adatas. Bērns, kas dzimst HIV inficētai mātei, var inficēties dzemdību laikā vai pirms tām, kā arī barojot bērnu ar mātes pienu.

Vispirms HIV parādījās homoseksuālu vīriešu vidū. Arī pašlaik homoseksuālistu vidū ir augstāks inficēšanās procents nekā pārējo cilvēku vidū. Analizējot pašreizējo saslimstību, strauji palielinājies saslimšanas gadījumu skaits heteroseksuālo kontaktu un narkotiku intravenozās lietošanas dēļ. Pieaug sieviešu saslimstība, un tikpat strauji palielinās to inficēto personu skaits, kuras ir jaunākas par 13 gadiem.

HIV infekcijas stadijas

HIV vispirms uzbrūk T4-limfocītiem (7.B. att.). Pirmajā HIV infekcijas stadijā 1 mm^3 asiņu ir 500 T4-limfocītu vai pat vairāk. HIV infekcijas sākumposmā cilvēki parasti pat nezina, ka ir inficējušies. Tikai dažiem (1–2 %) ir slimības simptomi – drudzis, drebuļi, sāpes, pietūkuši limfmezgli, niezoši izsitumi. Šie simptomi drīz vien izzūd, un parasti ilgu laiku nav nekādu citu simptomu. Neraugoties uz simptomu trūkumu, infekcija turpina attīstīties. Lai gan asins plazmā ir milzīgs daudzums vīrusu, asiņu HIV tests pozitīvu rezultātu vēl neuzrāda, jo tests reģistrē antivielas, nevis pašu vīrusu. Tas nozīmē, ka HIV var nodot tālāk, pirms HIV tests uzrāda saslimšanu.

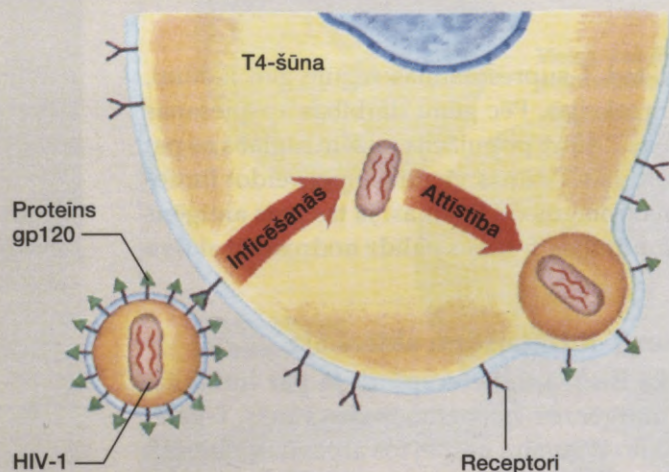
Pēc vairākiem mēnešiem vai vairākiem gadiem kopš inficēšanās brīža iestājas otrā slimības stadija, kad 1 mm^3 asiņu ir 200 – 499 T-limfocītu. Šīs stadijas laikā trīs (vai vairāk) mēnešus ir palielināti kakla, padušu vai cirkšņu limfmezgli. Inficētais ātri nogurst, naktīs svīst, neatkarīgi no smēķēšanas regulāri klepo, bieži saaukstējas vai slimo ar gripu, viņu nomoka caureja.

Biežas, dzīvību neapdraudošas infekcijas ir signāls, ka sāksies AIDS. Trešajā slimības stadijā 1 mm^3 asiņu T4-limfocītu skaits samazinās līdz 200, deģenerējas limfmezgli. Pacients ir AIDS slimnieks. Viņš strauji zaudē svaru un jūt nespēku, jo ir pastāvīga caureja un klepus lēkmes. Nopietnu imūnsistēmas darbības traucējumu dēļ bieži slimo.

HIV infekcijas ārstēšana

Nav tādu zāļu, ar kurām varētu izārstēties no AIDS, bet ir divu veidu zāles, kuras slimniekam palīdz. Zāles saīsināti sauc AZT. Tās ir nukleotīda analogi, kuri pārtrauc vīrusa DNS replikāciju. Šīs zāles pārtrauc vīrusa enzīma proteīnāzes, kas ir nepieciešama jaunu vīrusu veidošanai, darbību. Ārsti uzskata, ka šo un līdzīgu zāļu lietošana ir jāsāk tūdaļ pēc inficēšanās, lai proteīnāzes inhibitori spētu palīdzēt.

Pētnieki cenšas radīt vakcīnu pret AIDS. Daļa zinātnieku mēģina radīt vakcīnu tradicionālā veidā, bet citi par vakcīnu mēģina izmantot vienu HIV proteīnu. Piemēram, pašreiz Taizemē pārbauda gēnu inženierijas ceļā no baktērijām iegūtu vakcīnu, kas satur gp120 (7.B att.) proteīnu.



7.B. attēls.

HIV-1, kas visbiežāk izraisa AIDS, ir apvalka molekulas, ko sauc gp120. Ar šo molekulu palīdzību vīruss spēj pieķerties T4-šūnu receptoriem un inficēt šīs šūnas. Pēc tam šajās šūnās vīrusi attīstās. Ja imūnsistēmu ar vakcīnas palīdzību varētu "iemācīt" uzbrukt visām šūnām, kuras satur gp120 proteīnu, cilvēks ar HIV-1 neinficētos.

7.4. Mākslīgās imunitātes radīšana

Imunitāte, cilvēkam inficējoties, rodas dabiskā ceļā vai arī mākslīgā ceļā, iejaucoties medicīniski. Ir divi mākslīgās imunitātes veidi – aktīvā imunitāte un pasīvā imunitāte. Aktīvās imunitātes gadījumā paša cilvēka organismā rodas antivielas pret ievadīto antigēnu. Pasīvās imunitātes gadījumā cilvēks saņem gatavas antivielas.

Aktīvā imunitāte – ilgstoša imunitāte

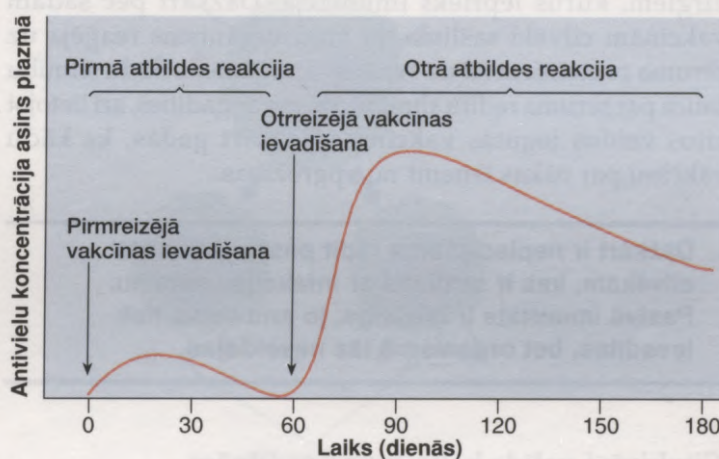
Aktīvā imunitāte var izveidoties dabiskā ceļā pēc tam, kad cilvēks ir inficējies ar mikroorganismiem. Aktīvo imunitāti rada veselam cilvēkam, lai novērstu turpmākās inficēšanās iespējas. Šādu imunitātes radīšanas veidu sauc par imunizāciju. Mākslīgo aktīvo imunitāti iegūst, lietojot vakcīnas (lat. *vaccinus* – no govīm) – vielas, kas satur antigēnus, pret kuriem imūnsistēma vērš atbildes reakcijas. Vakcīnu radīšanas pirmsākumi meklējami 18. gadsimta beigās, kad angļu ārsts Edvards Dženers cilvēku vakcinācijai pret bakām sāka lietot govīm baktēriju saturu, ko ieguva no slimas govīm. 19. gadsimta beigās slavenais franču zinātnieks Luijs Pastērs sekmīgi radīja vakcīnas pret bakteriālām infekcijām – holeru, Sibīrijas mēri un trakumsērgu. Lai izstrādātu vakcīnas pret šīm slimībām, vispirms mikrobus novājināja, lai tie nebūtu virulenti (spējīgi izraisīt slimību). Mūsdienās ir izstrādāta citāda vakcīnu iegūšanas metodika. Tagad ar gēnu inženierijas palīdzību ir iespējams iegūt baktērijas, kas ražo vakcīnām nepieciešamo proteīnu lielos daudzumos. Ar šādas metodes palīdzību ir radīta vakcīna pret hepatītu B (vīrusu infekciju), top vakcīna pret malāriju (vienšūņu izraisītu slimību). Pēc vakcīnas ievadīšanas var sekot imūnreakcijām, nosakot antivielas asinīs serumā. Pirmo reizi ievadot organismā vakcīnu, dažas dienas antivielas organismā nav konstatējamas. Tad parādās neliels daudzums antivielu, kuras vēlāk izzūd, jo saistās ar antigēnu vai vienkārši tiek noārdītas (7.10. att.). Ievadot vakcīnu otro reizi, strauji palielinās antivielu daudzums, ievērojami pārsniedzot to daudzumu, kāds bija asinīs pēc pirmās vakcinācijas. Lielais antivielu daudzums palīdz novērst slimības simptomus pat tad, ja cilvēks saskaras ar slimības izraisītājiem – antigēniem. Aktīvo imunitāti cilvēkam rada imunoloģiskā atmiņa.

Atmiņas šūnas sagatavo cīņai pret infekciju

Imunoloģiskā atmiņa ir atkarīga no to atmiņas B-šūnu un atmiņas T-šūnu daudzuma, kuras ir spējīgas reaģēt uz noteikto antigēnu. Pēc pirmās vakcinācijas veidojas atmiņas B-šūnas, kuru receptori atbilst antigēnam, tāpēc tās ir pirmās



A



B

7.10. attēls. Imunizācijas rezultātā iegūtā aktīvā imunitāte

Pirmā atbildes reakcija pēc vakcīnas pirmreizējās ievadīšanas ir neliela. Otrreizēja vakcīnas ievadīšana izraisa strauju antivielu daudzuma palielināšanos asinīs.

šūnas, kas veido IgG antivielas. Gan B-šūnas, gan atmiņas T-šūnas spēj reaģēt uz nelielām antigēna devām. Aktīvā imunitāte pastāv tik ilgi, cik ilgi asinīs ir atmiņas šūnas. Parasti aktīvā imunitāte ir ilgstoša.

Aktīvo imunitāti cilvēkam var radīt mākslīgi tad, kad viņš ir vesels un nepastāv iespēja saskarties ar infekcijas slimību. Aktīvā imunitāte veidojas, pateicoties atmiņas B-šūnu un atmiņas T-šūnu klātbūtnei organismā.

Pasīvā imunitāte – īslaicīga imunitāte

Pasīvā imunitāte rodas tad, kad cilvēks saņem gatavas antivielas (imūnglobulīnus), lai pārvarētu slimību. Šī imunitāte ir īslaicīga, jo antivielas neražo cilvēka B-šūnas. Piemēram, jaundzimušie ir neuzņēmīgi pret dažām tām slimībām, pret kurām ir imūna viņu māte, jo šīs antivielas caur placentu no mātes asinīm ir nonākušas bērna organismā. Barošana ar krūts pienu pagarina šīs pasīvās imunitātes periodu, jo arī mātes pienā ir antivielas (7.11. att.).

Lai gan pasīvā imunitāte ir īslaicīga, tā tomēr dažkārt ir ļoti noderīga un palīdz slimniekam atveseļoties. Parasti saslimušajiem injicē gamma globulīnu – serumu, kas satur antivielas. Šādu serumu iegūst no slimību pārslimojušiem indivīdiem. Agrāk serumu ar antivielām pret difteriju, botulismu un tetānu (stingumkrampjiem) ieguva no zirgiem, kurus iepriekš imunizēja. Dažkārt pēc šādām vakcīnām cilvēki saslima, jo viņu organisms reaģēja uz seruma proteīniem kā uz svešiem antigēniem. Šādu slimību sauca par seruma radītu slimību, un tā var gadīties, arī lietojot citos veidos iegūtās vakcīnas. Dažkārt gadās, ka kādu vakcīnu pat nākas izņemt no apgrozības.

Dažkārt ir nepieciešams radīt pasīvo imunitāti cilvēkam, kas ir saslimis ar infekcijas slimību. Pasīvā imunitāte ir īslaicīga, jo antivielas tiek ievadītas, bet organismā tās neveidojas.

Citokinīni palīdz baltajām asinīs šūnām

Citokinīni ir vielas – vēstneši, ko ražo vai nu limfocīti, vai monocīti. Ja citokinīnus veido limfocīti, tad tos sauc par limfokinīniem, bet, ja monocīti, – par monokinīniem. Tā kā citokinīni stimulē leukocītu veidošanos un funkcionēšanu, tiek meklētas iespējas, lai tos varētu izmantot vēža un AIDS ārstēšanā. Gan interferonu, gan dažādus cita veida citokinīnus sauc par interleikīniem. Tos izmanto kā imūnterapijas zāles. Šie preparāti palīdz cilvēka T-šūnām (iespējams, arī B-šūnām) cīnīties ar vīzi.

Interferonu, par kuru jau bija sniegta informācija 126. lappusē, ražo leukocīti, fibroblasti un gandrīz visas šūnas, kas cīnās ar vīrusu infekcijām. Interferona pētījumi turpinās, jo pagaidām nav atrasts patiesais cēlonis, kāpēc interferons palīdz tikai atsevišķiem cilvēkiem cīnā ar vīzi.

Ja uz vēža šūnas virsmas ir pārveidotais proteīns, T-galētājšūnas šādai šūnai var uzbrukt un to iznīcināt. Ja vīzis tomēr attīstās, visticamāk, ka T-galētājšūnas nav aktīvas. Šajos gadījumos ir nepieciešams, lai limfokinīni ierosinātu imūnsis-



7.11. attēls. Pasīvā imunitāte

Mazuļa barošana ar mātes pienu pagarina bērna pasīvās imunitātes periodu, jo viņš antivielas saņem no mātes organisma.

tēmu un liktu tai vīzi iznīcināt. Viena no zinātnieku izmantotajām metodēm ir slimnieka T-šūnu izolēšana un aktivizēšana, kultivējot tās interleikīnus saturošā vidē. Pēc tam šīs šūnas ievada atpakaļ slimniekam. Lai nodrošinātu T-šūnu aktivitātes saglabāšanos, slimnieks saņem arī noteiktu interleikīnu devu.

Pētnieki paredz, ka drīzumā interleikīnus pievienos vakcīnām, lai uzveiktu hroniskas infekcijas un izārstētu vīzi. Iespējams, ka tie varēs palīdzēt arī ādas un orgānu atgrūšanas, autoimūno slimību un alerģiju gadījumos.

Iespējams, ka interleikīnus un citus limfokinīnus varēs izmantot cilvēka imūnsistēmas aktivizēšanai.

Specifiskās monoklonās antivielas

Jau iepriekš tika izskaidrots, ka katra plazmas šūna, kas ir radusies no vienas un tās pašas B-šūnas, veido antivielas pret konkrēto antigēnu. Šādas antivielas sauc par **monoklonām antivielām** (gr. *monos* – viens, *klonos* – klons un *anti* – pret).

7.12. attēlā ir parādīta viena no metodēm, kā šīs antivielas iegūst *in vitro* (ārpus organisma, laboratorijā). Limfocītus iegūst no kāda dzīvnieka, visbiežāk no peles, un pakļauj noteikta antigēna iedarbībai. Aktivētos B-limfocītus apvieno ar ļaundabīgā audzēja (mielomas) šūnām. Šīs apvienotās šūnas sauc par hibrīdomām (*hybrid* – tāpēc, ka tās ir iegūtas no divām dažādām šūnām, *oma* – vienas no tām ir audzēja šūnas).

Mūsdienās monoklonās antivielas izmanto ātrai un drošai veselības stāvokļa diagnosticēšanai. Piemēram, grūtnieces urīnā ir atrodams noteikts hormons, un, lai to konstatētu, izmanto monoklonās antivielas. Tās lieto arī infekcijas slimību noteikšanai. Ar monoklonām antivielām var precīzi noteikt, kāda veida T-šūnas ir asinīs. Tā kā monoklonās antivielas spēj atšķirt normālas šūnas no audzēja šūnām, tad tās izmanto audzēja iezīmēšanai ar radioaktīvām vielām vai toksiskām zālēm. Tādējādi audzēju var selektīvi noārdīt.

Monoklonās antivielas var uzskatīt par biotehnoloģijas produktu, jo no dzīvajām sistēmām tās var iegūt masveidā.

Katra monoklonā anti viela reaģē tikai uz viena veida molekulām (antigēniem). Tās var izmantot, lai atšķirtu viena veida šūnas no citām un pat viena veida molekulas no citām.

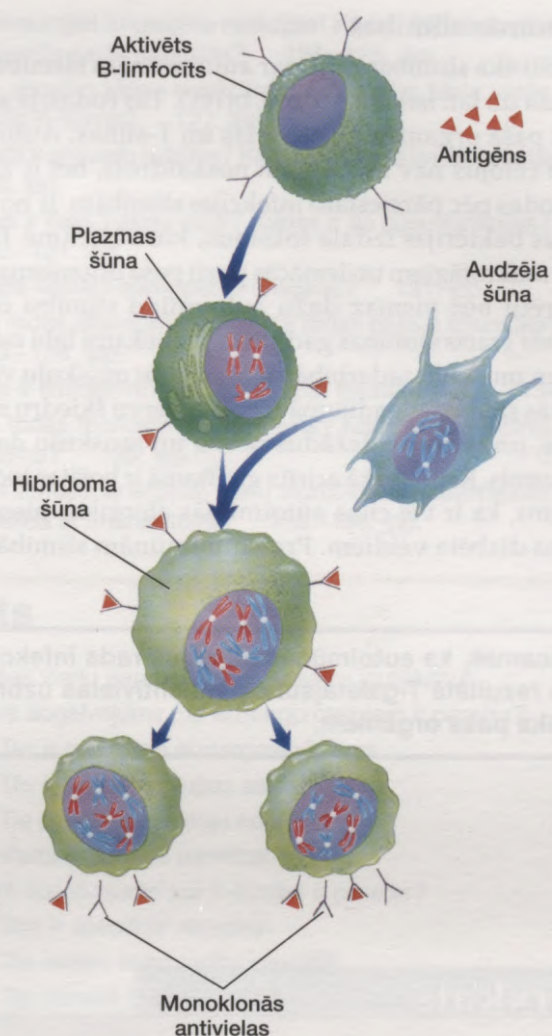
7.5. Imunitātes blakusefekti

Imūnsistēma cilvēku pasargā no slimībām tāpēc, ka tā spēj atšķirt to, kas pieder organismam, no visa tā, kas tam ir svešs. Dažkārt imūnsistēma strādā pārāk vāji, piemēram, tad, kad veidojas audzējs, vai arī pārāk aktīvi, piemēram, tad, kad rodas alerģiskas reakcijas.

Alerģija – imūnsistēmas pārāk aktīvas darbības rezultāts

Alerģija rodas tad, kad imūnsistēma darbojas pārāk aktīvi un par organismam svešām vielām uzskata tās vielas, kas parasti par tādām netiek atzītas. Alerģijas gadījumā novērojamas saaukstēšanās pazīmes, dažkārt pat anafilaktiskais šoks, ko izraisa strauja asinsspiediena pazemināšanās.

No pieciem zināmajiem antivielu veidiem (IgG, IgM, IgA, IgD un IgE) tieši IgE ir tās antivielas, kas rada alerģiskās reakcijas. IgE antivielas ir sastopamas asinīs, bet atšķirībā no citām antivielām tās uzturas arī audos esošo mastšūnu membrānās. Kā jau iepriekš minēts, mastšūnas ir bazofili,



7.12. attēls. Monoklono antivielu iegūšana

Aktivēti limfocīti reaģē uz antivielām un kļūst par plazmas šūnām, kas ražo antivielas. Apvienojoties plazmas šūnām ar audzēja šūnām, rodas pastāvīgas hibrīdomas šūnas, kuras dalās un rada tā paša veida antivielas – monoklonās antivielas.

kas pametuši asinsriti un apmetušies audos. Jebkurā gadījumā, kad alergēns (antigēns, kas rada alerģiskas reakcijas) sastopas ar mastšūnu IgE antivielām, atbrīvojas histamīni un citas vielas, kas izraisa gļotu izdalīšanos un elpceļu saraušanos. Rezultātā parādās alerģiski simptomi, jo bazofili un citi leikocīti šīs vielas izdala asinīs. Tā kā palielinās kapilāru caurlaidība, var pārmērīgi izdalīties šķidrums un iestāties šoks.

Reizēm alerģisko simptomu rašanos var novērst ar alergēna injekcijām. Alergēna injekcija veicina IgG antivielu veidošanos lielos daudzumos. Šīs antivielas pievienojas ievadītajiem alergēniem, pirms tie sasniedz audu mastšūnu membrānās esošās IgE antivielas.

Alerģiju rada histamīni un citas vielas, ko izdala mastšūnas.

Autoimūnās slimības

Dažas cilvēka slimības sauc par **autoimūnām slimībām** (gr. *aut* – paša un lat. *immun* – drošs, brīvs). Tās rodas, ja audiem uzbrūk paša organisma antivielas un T-šūnas. Autoimūno slimību cēlonis nav līdz galam noskaidrots, bet ir zināms, ka tās rodas pēc pārciestām infekcijas slimībām. Ir novērots, ka dažas baktērijas izdala toksīnus, kuru ietekmē T-šūnas salīp ar makrofāgiem un iemācās pazīt paša organisma šūnas. Tas varētu būt vismaz dažu autoimūno slimību cēlonis. *Myastenia gravis* slimības gadījumā pietiekami labi nenotiek nervu un muskuļu sadarbība un cilvēks jūt muskuļu vājumu. Izkaisītās sklerozes gadījumā ir bojāts nervu šķiedru mielīna apvalks, un tas rada dažādus nervu un muskuļu darbības traucējumus. Reimatiskā artrīta gadījumā ir bojātas locītavas. Iespējams, ka ir vēl citas autoimūnās alerģijas, piemēram, viens no diabēta veidiem. Pret autoimūnām slimībām nav zāļu.

Visticamāk, ka autoimūnās slimības rada infekcijas, kuru rezultātā T-galētājšūnas vai antivielas uzbrūk cilvēka paša orgāniem.

Audu atgrūšana

Daudzus orgānus, piemēram, ādu, sirdi vai nieres, var transplantēt (pārstādīt) no viena cilvēka citam, ja vien organisms necenšas tos atgrūst. Ja T-galētājšūnas organismā sāk noārdīt svešos audus, notiek pārstādīto orgānu atgrūšana.

Pārstādīto orgānu atgrūšanu novērš, rūpīgi izvēloties pārstādīšanai piemērotus orgānus un lietojot zāles, kas bremzē imūnsistēmas darbību (imūnsupresorus). Pārstādāmajiem audiem ir jāsaturs tādi paši proteīni, kādi ir recipienta audiem, jo T-galētājšūnas pazīst svešos proteīnus. Daudzus gadus imūnsistēmas darbības apslāpēšanai jau izmanto imūnsupresoru ciklosporīnu. Ir radītas jaunas zāles (FK-506), kas varētu palīdzēt aknu pārstādīšanas gadījumos. Diemžēl abas šīs zāles atstāj kaitīgu ietekmi uz pacienta nierēm.

Ir atrasta metode, kas ļauj no viena cilvēka otram pārstādīt kaula smadzenes gadījumā, ja proteīni ir tikai daļēji saderīgi. Lai to veiktu, no pārstādāmajām kaula smadzenēm ar monoklono antivielu un aizsargproteīnu palīdzību atdala visas T-šūnas.

Pārstādītie orgāni tiek atgrūsti, ja imūnsistēma uzbrūk šūnām, kas satur organismam svešus proteīnus.

Pārskats

Vairums bezmugurkaulnieku spēj aizsargāties pret baktēriju un vīrusu izraisītām infekcijām. Krievu zoologs I. Mečņikovs 1882. gadā veica eksperimentu. Viņš jūraszvaigznē iedūra rozes ērkšķi un novēroja, kā sapulcējās fagocīti, kuri mēģināja organismu atbrīvot no svešķermeņa. Fagocitoze acīmredzot ir senākais aizsardzības veids, jo viensūņi fagocitozes ceļā barojas. Cilvēka organismā leukocīti – neitrofilī un makrofāgi – fagocitē iebrucējus, īpaši tad, ja tiem ir pievienojušās vielas, kas tos pazīst. Ķīmiskās aizsargvielas ir atklātas arī bezmugurkaulniekiem. Zviedrs H. Bormens 1979. gadā zīdtauriņiem atklāja antibakteriālus peptīdus un nosauca tos par cekropīniem. Tie,

tāpat kā mugurkaulnieku aizsargvielas, baktēriju apvalkos rada caurumus, izraisot to piebriešanu. Šos peptīdus mēģina izmantot arī kā antibakteriālus līdzekļus cilvēkam. Izrādās, ka daudziem bezmugurkaulniekiem ir vielas, kas ir līdzīgas mugurkaulnieku citokīniem. Jūraszvaigznēs ir šūnas, kas, līdzīgi kā makrofāgi, izdala vielas, kuras darbojas tāpat kā interleikīni.

Bezmugurkaulniekos nav atrastas B-šūnām un T-šūnām līdzīgas šūnas. Šīs šūnas rada vienīgi mugurkaulnieku aizsargmehānismus. G. Litmens no Dienvidfloridas Universitātes ir pētījis kādas haizivju sugas imunitāti. Viņš ir secinājis, ka haizivīm, tāpat kā cilvēkam, antigēnu receptoru daudzvei-

dība ir ģenētiski noteikta. Tomēr pētīto haizivju imunitāte daudz lielākā mērā ir atkarīga no iedzimtības nekā cilvēka imunitāte. Haizivīm antivielas rodas tūdaļ pēc mikrobu iekļūšanas organismā. Līdz ar to haizivis ir piemērota antivielu radīšanai pret kādu citu infekciju īsā laika posmā. Šāda antivielu radīta imunitāte ir priekšrocība gadījumā, ja vides apstākļi ir relatīvi pastāvīgi. Pētnieki izvīrēja hipotēzi, ka haizivīm T-šūnu radītā antivielu imunitāte apsteidz B-šūnu radīto imunitāti. G. Litmens izpētīja ragaino haizivju T-šūnu aktivitāti. Izrādījās, ka daudzie imūnsistēmas gēnu sakopojumi (klosteri) haizivīm, tāpat kā cilvēkam un citiem mugurkaulniekiem, paver iespēju mutācijām un imūnreakciju daudzveidībai.

Kopsavilkums

7.1. Limfātiskās sistēmas palīdzība asinsrites sistēmai

Limfātisko sistēmu veido limfvadi un limfoīdie orgāni. Limfvadi savāc tauku molekulas no tievās zarnas bārkstiņām un lieko audu šķidrums, nogādājot tos asinsritē.

Limfātiskā sistēma (sarkanās kaula smadzenes, limfmezgli, liesa un aizkrūtes dziedzeris) veido un uzkrāj limfocītus.

Limfmezgli ir sadalīti mezgļiņos, kuros ir dobumi (sinusi). Tajos limfa tiek attīrīta no infekciju izraisītājiem un to toksīniem. Aizkrūtes dziedera daivās nobriest T-limfocīti. Liesas daivu dobumos (sinusos) asinis tiek attīrītas no infekciju izraisītājiem un to toksīniem. Sarkanajās kaula smadzenēs veidojas visu veidu asins šūnas. Leikocīti ir nepieciešami imunitātes radīšanai.

7.2. Nespecifiskā imunitāte

Pastāv nespecifiskā un specifiskā imunitāte. Nespecifisko imunitāti rada aizsargbarjeras, kas neļauj organismā iekļūt svešķermeņiem, kā arī iekaisuma reakcijas un aizsargproteīni.

7.3. Specifiskā imunitāte

Specifisko imunitāti rada limfocīti, kas veidojas kaula smadzenēs. B-limfocīti nobriest kaula smadzenēs, bet to kloni veidojas limfmezglos un liesā. T-šūnas nobriest aizkrūtes dziedzerī.

B-šūnas atbild par antivielu radīto imunitāti. Antivielas ir Y veida molekulas, kurai ir divas īpašas vietas, kas atbilst noteiktam antigēnam. Aktivētās B-šūnas kļūst par plazmas šūnām un atmiņas B-šūnām, kuras reaģē uz antigēniem, ja tie atkārtoti nonāk organismā.

Ir dažāda veida T-šūnas. T-galētājšūnas ir tās, kas šūnu kontakta ceļā iznīcina slimības izraisītājus. T-līdzētājšūnas aktivizē pārējās imūnsistēmas šūnas, lai tās izdalītu limfokinīnus. T-supresoršūnas apslāpē imūnreakcijas. Atmiņas T-šūnas saglabājas organismā un nodrošina ilgstošu imunitāti.

AIDS rada HIV infekcija, kas skar T-limfocītus un līdz ar to iznīcina šūnas, kuras ir nepieciešamas imunitātes radīšanai.

7.4. Mākslīgās imunitātes radīšana

Imunitāte var rasties dažādos veidos. Ilgstošas imunitātes radīšanai izmanto vakcīnas. Reizēm slimniekam jāievada gatavas antivielas īslaicīgas imunitātes radīšanai.

Citokinīnus, īpaši interferonus un interleikīnus, mēģina izmantot, lai ierosinātu organisma spējas cīnīties ar vēzi un pretoties AIDS.

7.5. Imunitātes blakusefekti

Alerģijas rodas tad, ja imūnsistēma darbojas pārāk aktīvi un veido antivielas pret vielām, kuras parasti organisms neuztver kā svešas (antigēnus). T-galētājšūnas bieži vien uzbrūk transplantātiem (pārstādītiem) orgāniem. Lai to novērstu, ir nepieciešamas zāles (supresori), kas kavē imūnsistēmas darbību. Ja antivielas un T-šūnas uzbrūk paša organisma audiem, rodas autoimūnas slimības.

Pārbaudiet sevi

1. Kas ir limfātiskā sistēma? Kādas ir tās funkcijas? 122. lpp.
2. Raksturojiet limfmezglu, liesas, aizkrūtes dziedera un sarkano kaula smadzeņu uzbūvi un funkcijas! 123.–124. lpp.
3. Kādi ir nespecifiskās imunitātes mehānismi? 124.–125. lpp.

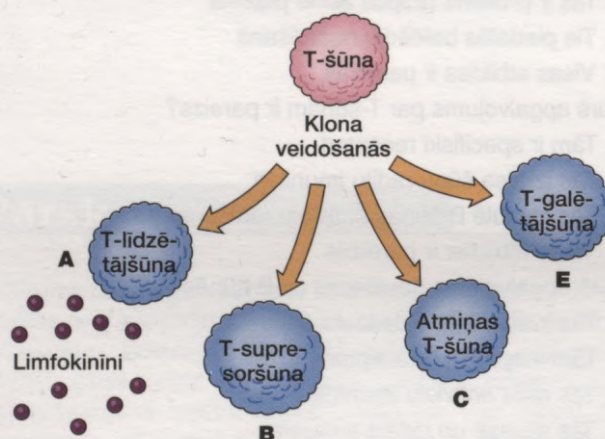
4. Raksturojiet iekaisuma reakcijas! Kādas šūnas un kādas vielas iesaistās šajās reakcijās? 124.–125. lpp.
5. Ko apgalvo klonu selekcijas teorija? Par kāda veida imunitāti atbild B-šūnas? 127. lpp.
6. Kāda ir antivielu uzbūve? Kas ir mainīgais un konstantais rajons? 128. lpp.
7. Kādi ir četri T-šūnu veidi? Kādas ir šo šūnu funkcijas? 130.–131. lpp.
8. Kādā veidā T-šūna pazīst antigēnu? 131. lpp.
9. Kā rodas aktīvā imunitāte? Kā rodas pasīvā imunitāte? 133.–134. lpp.
10. Kas ir limfokinīni? Kā tos izmanto imūnterapijā? 134. lpp.
11. Kā rodas monoklonās antivielas? Kāda ir monoklono antivielu nozīme? 135. lpp.
12. Raksturojiet arlerģijas, audu atgrūšanu un autoimūnās slimības saistībā ar imūnsistēmu! 135.–136. lpp.

Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

1. Kurš apgalvojums par aizsargproteīniem ir pareizs?
 - A. Tas ir galvenais aizsargmehānisms
 - B. Tās ir proteīnu grupas asins plazmā
 - C. Tie piedalās baktēriju noārdīšanā
 - D. Visas atbildes ir pareizas
2. Kurš apgalvojums par T-šūnām ir pareizs?
 - A. Tām ir specifiski receptori
 - B. Tās izraisa šūnu radīto imunitāti
 - C. Tās stimulē B-šūnas antivielu radīšanai
 - D. Visas atbildes ir pareizas
3. Kurš apgalvojums neattiecas uz B-šūnām?
 - A. Tās ir aizkrūtes dziedera šūnas
 - B. Tām ir specifiski receptori
 - C. Tās rada antivielu imunitāti
 - D. Tās sintezē un izdala antivielas
4. Ko apgalvo klonu selekcijas teorija?
 - A. Antigēns izvēlas noteiktas B-šūnas un apspiež tās
 - B. Antigēns stimulē B-šūnu veidošanos un antivielu veidošanos pret tām
 - C. T-šūnas izvēlas B-šūnas, kurām ir jārada antivielas neatkarīgi no antigēna veida
 - D. T-šūnas nomāc visas B-šūnas, izņemot tās, kurām ir jāvairojas un jādalās
5. Kas ir plazmas šūnas?
 - A. Tās ir atmiņas T-šūnas
 - B. Tās ir veidojušās no asins plazmas šūnām
 - C. Tās ir B-šūnas, kas aktīvi izdala antivielu
 - D. Tās ir neaktīvas T-šūnas, kuras atrodas asins plazmā
6. Ar ko jāsadarbjas T-šūnai, lai tā spētu pazīt antigēnu?
 - A. Ar aizsargproteīniem
 - B. Ar makrofāgiem
 - C. Ar B-šūnu
 - D. Visas atbildes ir pareizas

7. Kurā rajonā antivielas savienojas ar antigēnu?
 A. Dažādos rajonos
 B. Konstantajā rajonā
 C. Tas notiek tikai makrofāgu klātbūtnē
 D. A un C ir pareizās atbildes
8. Kurš apgalvojums **nav** pareizs?
 A. T-līdzētājšūnas palīdz darboties aizsargvielām
 B. T-galētājšūnas aktīvi atgrūž audus
 C. T-supresoršūnas pārtrauc imūnreakcijas
 D. Atmiņas T-šūnas ilgi dzīvo organismā
9. Kas ir vakcīna?
 A. Monoklona antiViela
 B. Novājinātas baktērijas vai vīrusi vai to izdalītie toksīni
 C. Galvenais histoloģiskās proteīnu saderības komplekss
 D. Visas atbildes ir pareizas
10. Kāpēc limfokinīnus var izmantot vēža ārstēšanai?
 A. Ja rodas vēzis, imūnsistēma ir neefektīva
 B. Limfokinīni stimulē imūnsistēmu
 C. Vēža šūnas satur antigēnus, kurus var pazīt T-galētājšūnas
 D. Visas atbildes ir pareizas
11. Nosauciet visu attēlā redzamo T-šūnu funkcijas!



Papildjautājumi

- Organisms aizsargā savu viengabalainību.
Kā zināšanas par imunitāti pamato šo apgalvojumu?
- Homeostāzi nodrošina daudzveidīgi mehānismi.
Kā zināšanas par imunitāti pamato šo apgalvojumu?
- Orgāni pieder pie orgānu sistēmām.
Pamatojiet, kāpēc sarkanās kaula smadzenes pieder pie skeleta, asinsrites un limfoidās sistēmas!

Multimediju izmantošana

Tēmu par limfas transportu un imunitāti palīdzēs apgūt šādi multimediji.



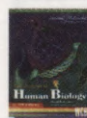
Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. The Dynamic Human Lymphatic System



CD-ROM disks. Explorations in Human Biology Immune Response (#12) AIDS (#13)



Dabaszinātņu videofilmas

Video #4: Animal Biology II
 B-Cell Immune Response (#41)
 Structure and Function of Antibodies (#42)
 Types of T-cells (#43)
 Relationship of Helper T-cells and Killer T-cells (#44)

Jēdzienu izpratne

Aizsargproteīnu sistēma	126. lpp.	Iekaisuma reakcija	124. lpp.
Antigēns	126. lpp.	Imunitāte	124. lpp.
Antiviela	126. lpp.	Limfa	122. lpp.
Autoimunitāte	136. lpp.	Limfmezgli	123. lpp.
B-limfocīts	126. lpp.	Limfoidā sistēma	122. lpp.
Citokinīni	125. lpp.	Makrofāgs	135. lpp.
Galvenais proteīnu histoloģiskās saderības komplekss	133. lpp.	Monoklonās antivielas	
Histamīni	125. lpp.	Plazmas šūnas	127. lpp.
		T-limfocīts	126. lpp.
		Vakcīna	133. lpp.

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- _____ – organismu spēja aizsargāt pašam sevi no svešām vielām un šūnām, arī no mikrobiem.
- _____ – antigēni, kuri ir sagatavoti tādā veidā, ka spēj radīt aktīvo imunitāti, neizraisot saslimšanu.
- _____ – šķidrums, kas ir radies no audu šķidrums un kas plūst pa limfvadiem.
- _____ – organismam svešas vielas, visbiežāk proteīni vai polisaharīdi, kas stimulē imūnsistēmu un rada antivielas.
- _____ – proteīni, kas rodas kā atbildes reakcija uz antigēniem. Katrs proteīns savienojas tikai ar specifisku antivielu.
- _____ – limfocīti, kuri nobriest aizkrūtes dziedzerī un kuriem ir četri dažādi veidi. Viena no šīm šūnām tiešā veidā nogalina antigēnus saturošās šūnas.

Barība un tās sagremošana

8.

N O D A Ļ A

Nodaļas saturs

8.1. Gremošanas traktu salīdzinājums

- Nepilnīgam gremošanas traktam ir tikai viena atvere; tā daļas ir mazdiferencētas. Pilnīgam gremošanas traktam ir divas atveres; tā daļas ir specializētas. 140. lpp.
- Atšķirībā no dzīvniekiem, kas barojas nepārtraukti, dzīvniekiem, kas barojas ar pārtraukumiem, ir barības krātuves. 141. lpp.
- Augēdāju, plēsēju un visēdāju zobi ir atšķirīgi un pielāgoti noteiktas barības ēšanai. 142. lpp.

8.2. Cilvēka gremošanas orgānu sistēma

- Cilvēka gremošanas traktam ir daudzas specializētas daļas un trīs papildorgāni, kuri palīdz sagremot barību. 143. lpp.
- Gremošanas enzīmi (fermenti) ir specifiski; tie vislabāk darbojas tad, ja ir optimāla temperatūra un pH. 146. lpp.
- Barības vielas tiek sagremotas līdz sīkām molekulām, piemēram, līdz aminoskābēm un glikozei, kas spēj šķērsot plazmatisko membrānu. 147. lpp.

8.3. Uztura ietekme uz veselību

- Uzturs apgādā organismu ar enerģiju un barības vielām, arī ar neaizstājamām aminoskābēm un taukskābēm, vitamīniem un neorganiskām vielām. 150. lpp.



Āfrikas hameleons (*Chamaeleo*) ķer mušu.

Dzīvnieki ir heterotrofi organismi, kuriem ir jāuzņem gatavas organiskās vielas. Pārsteidzoša ir dzīvnieku barības daudzveidība, sākot no vabolēm, kas barojas ar pūstošām vielām, un beidzot ar zobenvaiļiem, kas dzenas pakal dzīvām laupījumiem. Dzīvnieku gremošanas sistēmas ir tikpat daudzveidīgas. Tās ir pielāgotas konkrētā barības veida izmantošanai. Ir dzīvnieki, kuriem ir nepilnīgs gremošanas trakts – barības atlieku izvadišanai kalpo tā pati atvere, pa kuru barība tiek uzņemta. Šāda veida gremošanas sistēma ir vienkārša – tai nav specializētu gremošanas trakta daļu. Vairumam dzīvnieku ir pilnīgs gremošanas trakts. Tas sākas ar vienu atveri (mutes atveri) un beidzas ar otru atveri (ānusu). Šādai gremošanas sistēmai parasti ir atsevišķas diferencētas daļas. Piemēram, plēsējiem ir zobi, kas piemēroti cita dzīvnieka saplosīšanai, bet gremošanas trakts nav sarežģīts. Augēdājiem ir zobi, ar kuriem var sasmalcināt un saberzt augus, un sarežģīts gremošanas trakts, kur mīt baktērijas, kas sašķeļ celulozi.

Pētot garastes pērtiņus, konstatēts, ka viņi vienmēr izvēlas barību, kas dod visvairāk labuma. Toties cilvēkam ir jāēda, kāda barība ir veselīga. Iegūstam aizvien vairāk pierādījumu, ka liecina, ka pareizs uzturs var palīdzēt novērst daudzas slimības, piemēram, sirds un asinsvadu slimības un pat vēzi.

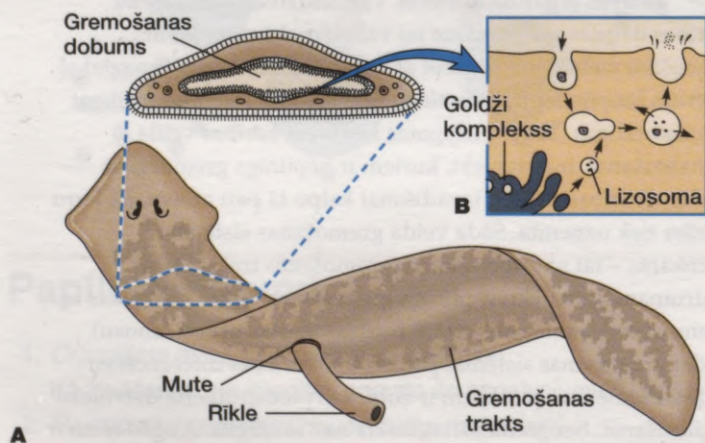
8.1. Gremošanas traktu salīdzinājums

Vairumam dzīvnieku ir gremošanas trakts. Tajā barība tiek sašķelta molekulās, kuras spēj šķērsot plazmatisko membrānu. Gremošana palīdz nodrošināt homeostāzi, piegādājot organismam tās vielas, kas nepieciešamas šūnas dzīvības norišu nodrošināšanai. Gremošanas trakts 1) sagremo barību; 2) sašķel uzturvielas molekulās, kuras var izkļūt cauri plazmatiskajai membrānai; 3) absorbē barības vielu molekulas; 4) izvada laukā barības nesagremojamās atliekas.

Pilnīgs un nepilnīgs gremošanas trakts

Nepilnīgam gremošanas traktam ir tikai viena atvere, ko parasti sauc par muti. Piemēram, planārijai ir tikai viena gremošanas atvere (8.1. att.). Planārija ir plēsīgs dzīvnieks, kas barojas galvenokārt ar sīkiem ūdensdzīvniekiem. Viņas gremošanas trakts sastāv no mutes, rīkles un zarnas. Kad dzīvnieks barojas, rīkle izvirzās ārā pa muti. Planārija ar savu ķermeni pārklāj upuri, un muskuļotā rīkle iesūc to. **Gremošanas dobumā** (gastrovaskulārajā dobumā) esošie enzīmi nodrošina barības ārpusšūnu sagremošanu. Pēc tam šūnās, kas piepilda ķermeņa dobumu, notiek iekššūnu gremošana un barības pilnīga sagremošana. Visas planārijas ķermeņa šūnas atrodas tuvu zarotajai zarnai, tāpēc barības vielu molekulas katrā šūnā nonāk difūzijas ceļā.

Planārijas gremošanas traktam nav specializētu daļu. Tā kā rīkle kalpo ne tikai barības norīšanai, bet arī nesagremoto barības atlieku izvadišanai, var teikt, ka planārijai ir maisveida gremošanas trakts.



8.1. attēls. Nepilnīgs gremošanas trakts (planārija)

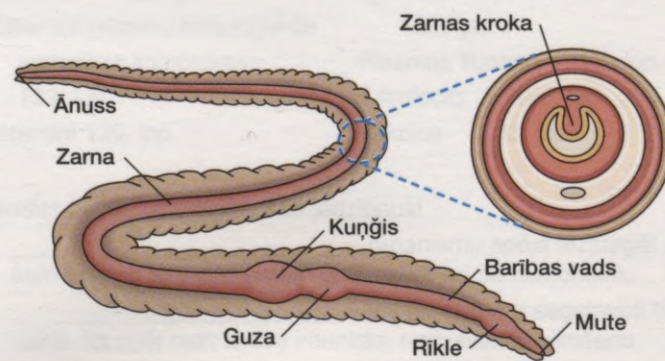
A. Planārijai ir gremošanas dobums ar vienu atveri, kas kalpo gan barības nogādāšanai organismā, gan atlieku izvadišanai no tā. Planārijas gremošanas process tiek pabeigts šūnu iekšienē (iekššūnu gremošana). **B.** Fagocitozes ceļā veidojas vakuola, kas apvienojas ar lizosomu, kura satur gremošanas enzīmus. Gremošanas produkti no vakuolas nonāk citoplazmā, bet nesagremojamās barības atliekas tiek izvadītas caur plazmatisko membrānu.

Planārijai radniecīgi ir parazitiskie tārpi. Piemēram, plakantārps lēnām vispār nav gremošanas trakta. Barības vielas tiek absorbētas caur visu ķermeņa virsmu no šķidrums, kas atrodas viņa saimnieka tievajā zarnā. Lenteņa ķermeņa virsmā ir miljoniem mikroskopisku pirkstveida izaugumu, kas ievērojami palielina lenteņa ķermeņa absorbējošo virsmu.

Atšķirībā no planārijas sliekai ir pilnīgs gremošanas trakts. Viņai ir gan mute, gan ānuss (8.2. att.). Slieka barojas galvenokārt ar augsnē esošajām organisko vielu atliekām. Barību palīdz uzsūkt muskuļota **rīkle**. Barība uzkrājas plašā, plānsienainā **guzā**, bet no tās nonāk **kuņģī** ar muskuļotām sienām. Tur barība tiek samaisīta un saberzta. Barības sagremošana notiek tikai zarnu dobumā. Īpaša zarnas kroka palielina absorbēšanas virsmu. Nesagremotās barības atliekas no ķermeņa tiek izvadītas laukā caur **ānusu**. Tātad sliekai ir specializētas gremošanas trakta daļas – rīkle, guza, kuņģis un zarnas. Barības sagremošanā šīs daļas pilda atšķirīgas funkcijas.

Sliekai radniecīgi tārpi mīt jūrās. Ir tādi jūras posmtārpi, piemēram, daudzšartārpi, kas dzīvo dažādas konstrukcijas caurulītēs un ar zarotu spalvveida taustekļu palīdzību savāc no ūdens sīkas barības daļiņas un mikroskopiskus planktona organismus. Šiem tārpiem gremošanas trakts atgādina caurulīti.

Pilnīgam gremošanas traktam atšķirībā no nepilnīga maisveida gremošanas trakta ir gan mutes atvere, gan ānuss. Gremošanas trakta daļu specializācija ir atkarīga no dzīvnieka dzīvesveida.

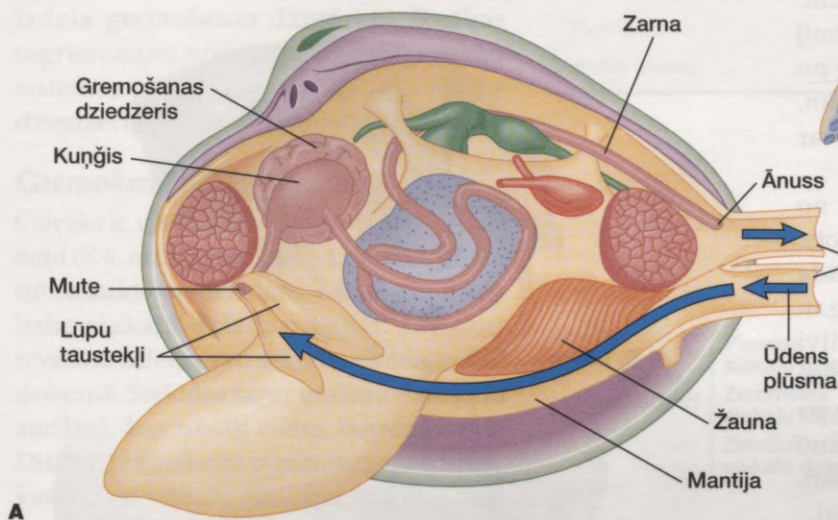


8.2. attēls. Pilnīgs gremošanas trakts (slieka)

Pilnīgam gremošanas traktam ir gan mutes atvere, gan ānuss. Tam var būt specializētas daļas. Sliekai un daudziem citiem posmtārpiem zarnas absorbējošo virsmu palielina īpaša zarnas kroka.

8.3. attēls. Gliemenes un kalmāra barošanās veida salīdzinājums

Gliemene ierokas smiltis vai dūņās, kur tā filtrē barību, bet kalmārs brīvi peld ūdenī un aktīvi satver laupījumu. **A.** Ūdens plūsma (atzīmēta ar bultiņām) piegādā barības vielu daļiņas un izvada no mantijas dobuma atkritumvielas. **B.** Kalmārs ar taustekļiem notver kādu citu ūdens iemītņieku un ar žokļiem saplosa to. Mantijai saraujoties, mantijas dobumā esošais ūdens tiek izgrūsts caur piltuvi (sk. bultiņas). Tā rezultātā kalmārs pārvietojas.



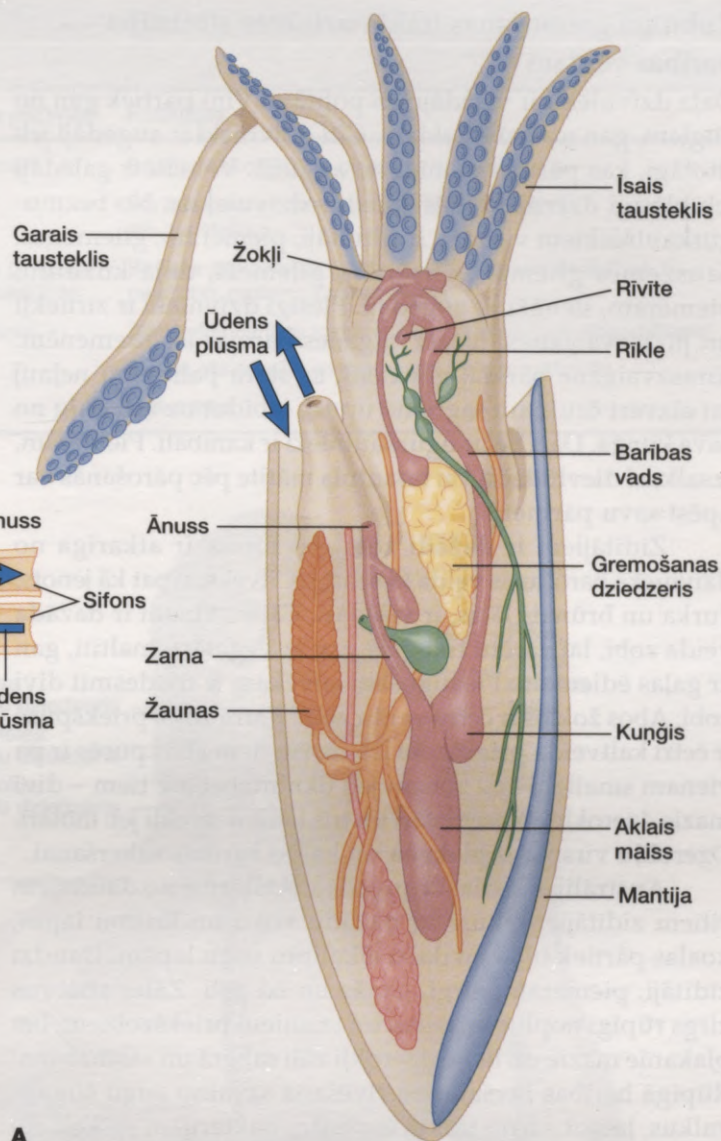
A

Nepārtraukta un pārtraukta barošanās

Gliemene barojas, nepārtraukti uzņemot barību filtrācijas ceļā (8.3. att. A). Ūdens caur ievadsifonu (spraugveida atveri) visu laiku tiek virzīts mantijas dobumā, un barības daļiņas nogulsņējas uz žaunām. Ievadsifons ir tik neliels, ka caur to var iekļūt tikai sīkas daļiņas, kuras pēc tam pielīp pie žaunām. Skropstiņu kustība šīs daļiņas nogādā pie lūpu taustekļiem, kuri tās ievirza caur muti gliemenes kuņģī. Liels greimošanas dziedzeris izdala greimošanas enzīmus, bet visā greimošanas traktā esošās amēbveida šūnas pabeidz greimošanas procesu. Tātad greimošanas beigu posms ir iekššūnu greimošana.

Iepriekš minētos jūras posmtārpus arī sauc par filtrētājiem, jo viņu greimošanas sistēmā spēj nonākt tikai sīkas barības daļiņas, bet lielākās daļiņas tiek atgrūstas. Aktīvi filtrētāji ir bārdainie vaļi. Ar milzīgām aizkarveida bārkstīm, kas karājas laukā no mutes augšdaļas, bārdainie vaļi no ūdens filtrē sīkus vēzišus. Dažu minūšu laikā viņi izfiltrē aptuveni vienu tonnu vēzišu.

Kalmāri barojas ar pārtraukumiem (8.3. att. B). Dzīvnieka ķermenim ir plūdlīnijas forma. Viņš strauji pārvietojas ūdenī, virzoties uz priekšu ar paša radīto ūdens strūklu (izgrūž ūdeni caur piltuvi). Ap galvu kalmāram ir desmit taustekļi; no tiem divi ir garāki. Šiem garajiem taustekļiem ir diskveida piesūcekņi. Ar taustekļiem kalmārs sagrābj



A

upuri (zivi, garneli vai tārpu) un pievirza to pie knābjveida žokļiem. Ar žokļiem upuris tiek saplosīts gabalos. Rīklē esošā mēle ar rīvīti jeb radulu turpina upura sasmalcināšanu. Pa barības vadu barība nonāk kuņģī un aklajā maisā (kuņģa izspilējums), kur notiek greimošana. Barība kuņģī un aklajā maisā paliek tik ilgi, kamēr tiek sagremota. Dzīvniekiem, kuri barojas ar pārtraukumiem, greimošanas traktā ir vietas, kur barība uzkrājas.

Tiem dzīvniekiem, kas barojas nepārtraukti, piemēram, sēdošajiem filtrētājiem, greimošanas traktā neuzkrājas barības rezerves. Dzīvnieki, kuri barojas ar pārtraukumiem, piemēram, augēdāji un plēsēji, barību uzkrāj īpašās greimošanas trakta barības krātuvēs.

Zobu un gremošanas trakta uzbūves atbilstība barības veidam

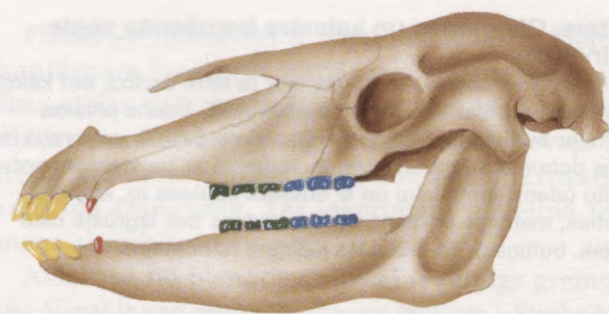
Daļa dzīvnieku ir visēdāji jeb polifāgi. Viņi pārtiek gan no augiem, gan no dzīvniekiem. Citi dzīvnieki ir augēdāji jeb fitofāgi, kas pārtiek vienīgi no augiem. Vēl citi ir gaļēdāji jeb plēsīgi dzīvnieki, kas ēd citus dzīvniekus. No bezmugurkaulniekiem visēdāji ir filtrētāji, piemēram, gliemenes. Sauszemes gliemji, piemēram, gliemeži, daļa kukaiņu, piemēram, sienāži, ir augēdāji. Plēsīgi dzīvnieki ir zirnekļi un jūraszvaigznes. Jūraszvaigznes barojas ar gliemenēm. Jūraszvaigzne pārklāj gliemeni, ar stara palīdzību neļauj tai aizvērt čaulu un sagremo upuri, izbīdot uz āru daļu no sava kuņģa. Daži bezmugurkaulnieki ir kanibāli. Piemēram, izsalkusi dievlūdzcēja vai tarantula mātīte pēc pārošanās var apēst savu partneri.

Zīdītājiem ir dažādi zobi. To forma ir atkarīga no dzīvnieka barošanās veida (8.4. att.). Cilvēks, tāpat kā jenots, žurka un brūnais lācis, ir visēdājs. Tāpēc viņam ir dažāda veida zobi, lai varētu tikt galā gan ar veģetāru maltīti, gan ar gaļas ēdieniem. Pieaugušam cilvēkam ir trīsdesmit divi zobi. Abos žokļos ir četru veidu zobi. Katrā žoklī priekšpusē ir četri kaltveida priekšzobi jeb incisi, tiem abās pusēs ir pa vienam smailam acu zobam jeb ilknim, bet aiz tiem – divi mazie dzerokļi jeb premolāri un trīs lieli dzerokļi jeb molāri. Dzerokļu virsma ir plakana un kalpo barības saberšanai.

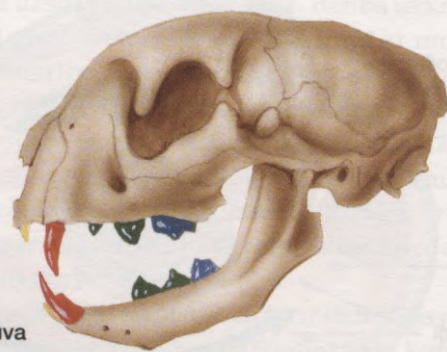
Austrālijas koalas ir augēdāji. Atšķirībā no daudziem citiem zīdītājiem, kuri ēd dažādu koku un krūmu lapas, koalas pārtiek tikai no dažu eikaliptu sugu lapām. Daudzi zīdītāji, piemēram, zirgi, ganās un ēd zāli. Zāles stiebrus zirgs rūpīgi noplūc ar asiem un taisniem priekšzobiem, bet plakanie mazie un lieli dzerokļi zāli saberž un sasmalcina. Rūpīgā barības beršana un rīvēšana savaino augu šūnvalkus, ļaujot zarnu traktā esošajām baktērijām sašķelt celulozi. Citi zālēdāji, piemēram, govīs un brieži, ir atgremotāji. Atšķirībā no zirgiem tie ātri noplūc barību un norij daļēji sasmalcinātu. Atgremotāja kuņģim ir četras daļas. Norītā barība nonāk īpašā kuņģa nodalījumā, ko sauc par spurekli. Te barība sajaucas ar mikroorganismiem, kas to sāk šķelt. Vēlāk, kad dzīvnieks vairs nebarojas, šī barība, ko sauc par gremokli, tiek atgremota – atrīta mutes dobumā, saberzta un rūpīgi sajaukta ar siekalām. Gremokli dzīvnieks norij no jauna, lai to pilnībā sagremotu.

Daudzi zīdītāji, piemēram, suņi, baltie lāči un lauvas, ir plēsēji. Ar smailajiem priekšzobiem un lielajiem ilknēm viņi no upura noplēš tādu barības kumosu, kādu ir iespējams norīt. Gaļā ir vairāk tauku un proteīnu nekā augu valsts barībā. Gaļa ir vieglāk sagremojama nekā zāle, tāpēc plēsēju gremošanas trakts ir īsāks un tam nav tādu specializētu daļu kā daļai zālēdāju.

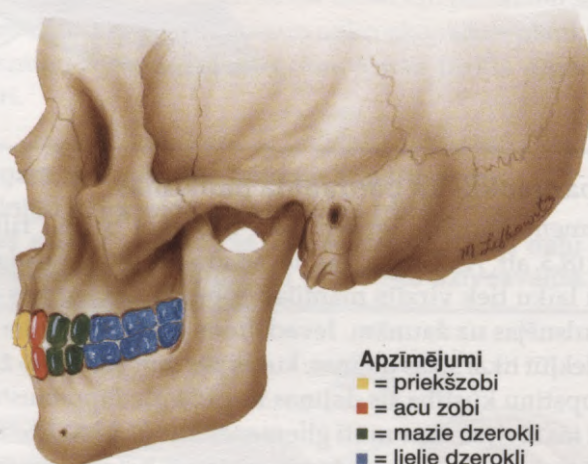
Visēdājiem ir mazdiferencēti zobi. Augēdājiem ir lieli dzerokļi ar plakana virsmu – tie ir piemēroti barības saberšanai. Plēsējiem ir asi priekšzobi un lieli ilkņi – ar tiem gaļu var saplosīt kumosos.



A. Zirgs



B. Lauva



C. Cilvēks

Apzīmējumi

- = priekšzobi
- = acu zobi
- = mazie dzerokļi
- = lieli dzerokļi

8.4. attēls. Mugurkaulnieku zobi

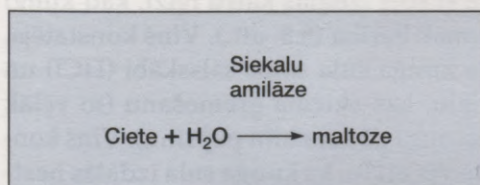
A. Zirgi ir augēdāji. Viņiem nav ilkņu, bet ir asi priekšzobi un plakani mazie un lieli dzerokļi. **B.** Lauvas ir plēsēji, kas uzbrūk citiem dzīvniekiem. Viņiem ir asi priekšzobi, pagarināti ilkņi un robaini dzerokļi. **C.** Cilvēks ir visēdājs ar mazdiferencētiem zobiem.

8.2. Cilvēka gremošanas orgānu sistēma

Cilvēka ķermeņa dobumā ir cauruļveida gremošanas trakts. Tas ir pilnīgs gremošanas trakts, jo sākas ar muti un beidzas ar anālo atveri jeb ānusu. 8.1. tabulā norādītas cilvēka gremošanas trakta daļas un to funkcijas. Šīs daļas var aplūkot 8.5. attēlā. Barības sašķelšanā piedalās enzīmi, ko izdala gremošanas dziedzeri. Barības sagremošanu nodrošina dažādu orgānu sistēmu, piemēram, iekšējās sekrēcijas dziedzeru un nervu sistēmas līdzdalība.

Gremošana mutes dobumā

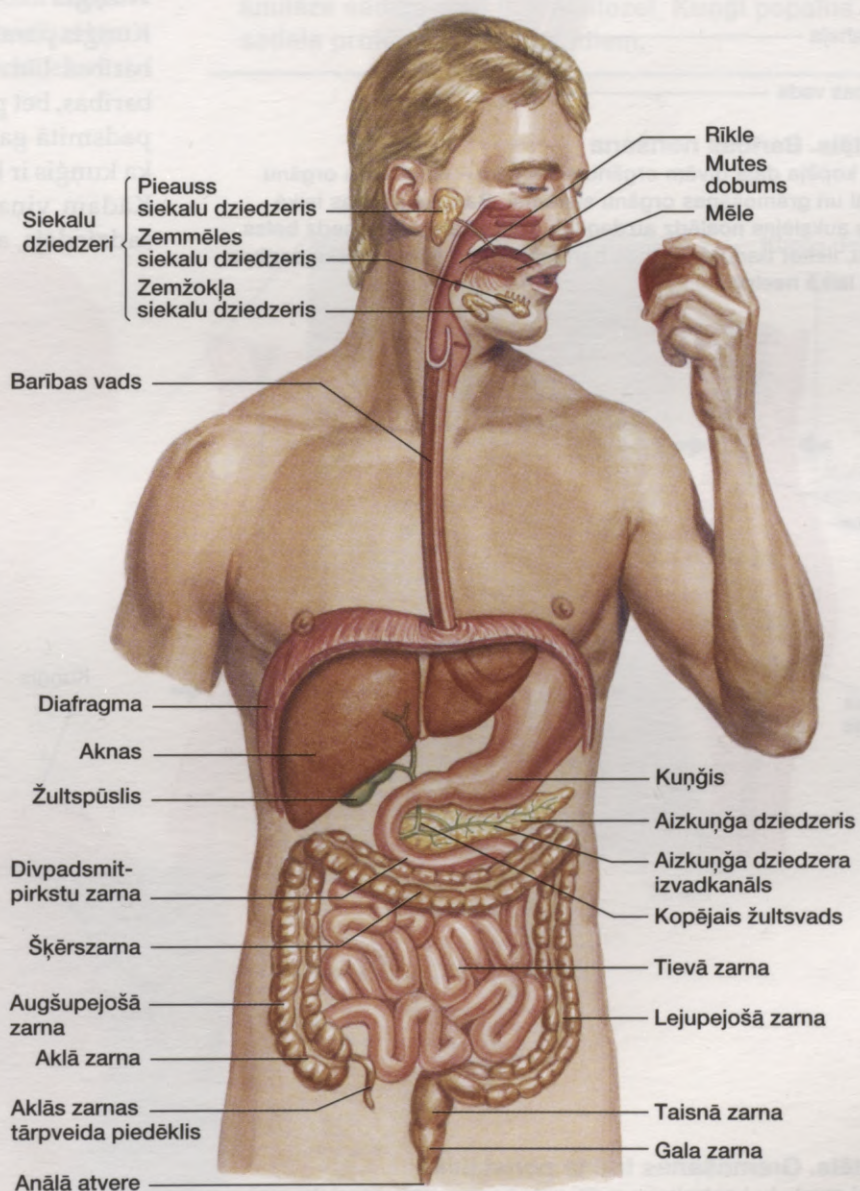
Cilvēks ir visēdājs, viņam ir dažāda veida zobi (8.4. att.). Mutē barība tiek sakošļāta un sajaukta ar siekalām. Cilvēkam ir trīs lieli **siekalu dziedzeru** pāri, kas caur izvadkanāliem savu sekrētu ievada mutes dobumā. Siekalas satur enzīmu – **siekalu amilāzi**, kas uzsāk cietes sagremošanu. Disaharīds maltoze ir galvenais produkts, kas rodas, siekalu amilāzei sašķeļot cieti mutes dobumā.



Barību pa mutes dobumu pārvieto muskuļota mēle, kurā, līdzīgi kā ādā, ir taustes un spiediena receptori. Gan uz mēles, gan mutes dobuma gļotādā un rīkles sienās ir garšas pumpuri – ķīmiskie receptori, kurus kairina barībā esošās vielas. Kad barība ir sasmalcināta un sajaukta ar siekalām, mēle barības kumosu virza rīklē.

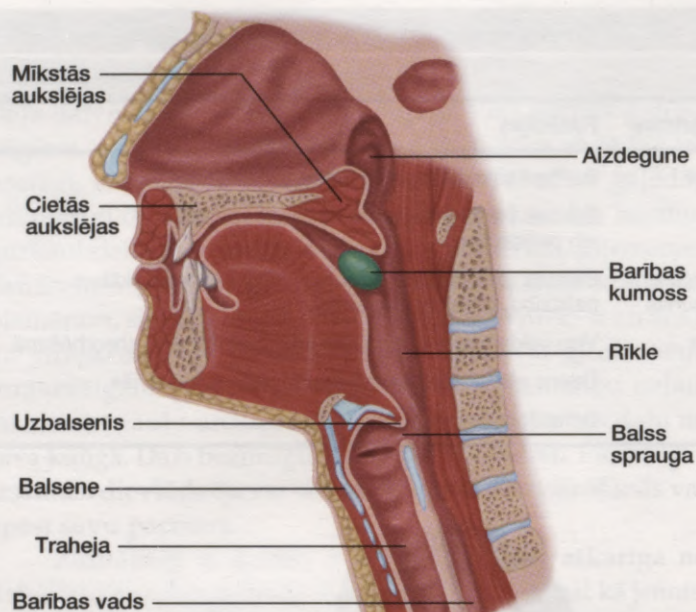
8.1. tabula

Barības ceļš		
Orgāns	Īpašas pazīmes	Funkcijas
Mute	Zobi, mēle	Barības sakošļāšana un cietes sašķelšana
Barības vads		Barības pārvietošanās ar viļņveida kustībām jeb peristaltiku
Kuņģis	Kuņģa gļotādas dziedzeršūnas	Barības uzkrāšanās, baktēriju iznīcināšana ar skābes palīdzību, proteīnu sagremošana
Tievā zarna	Bārktīņas	Visu veidu barības sagremošana, barības vielu absorbēšana
Resnā zarna		Ūdens absorbcija, nesagremoto vielu uzkrāšanās
Anālā atvere		Defekācija



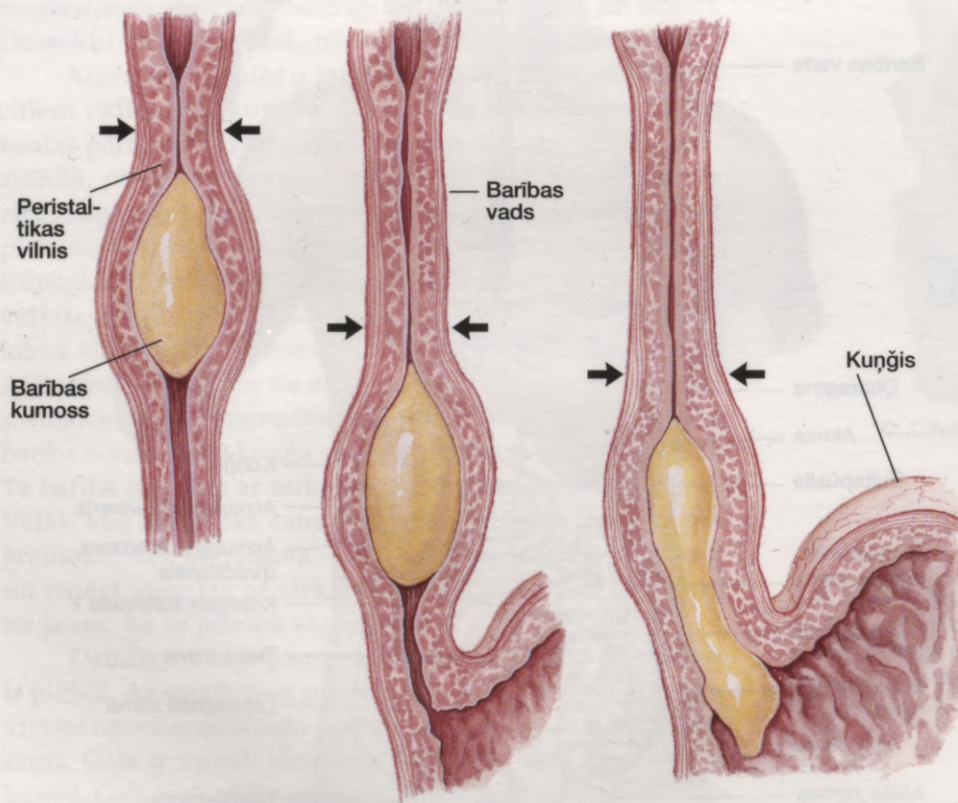
8.5. attēls. Cilvēka gremošanas orgānu sistēma

Attēlā parādīts barības ceļš no mutes līdz anālajai atverei, kā arī siekalu dziedzeri, aizkuņģa dziedzeris un aknas.



8.6. attēls. Barības norīšana

Rīkle ir kopēja daļa divām orgānu sistēmām – elpošanas orgānu sistēmai un gremošanas orgānu sistēmai. Barības rīšanas laikā mīkstās aukslējas noslēdz aizdeguni, bet uzbalsenis nosedz balss spraugu, liekot barībai virzīties barības vadā. Tāpēc cilvēks barības rīšanas laikā neelpo.



8.7. attēls. Gremošanas trakta peristaltika

Ritmiski muskuļu kontrakciju radīti viļņi barību virza cauri gremošanas traktam. Attēlos parādīts, kā barība virzās pa barības vadu.

Barības vads

Rīkle ir elpošanas orgānu sistēmas un gremošanas orgānu sistēmas kopējā daļa. Pēc tam gaisa un barības ceļi šķiras (8.6. att.). Jāuzmanās, lai, barību rijot, tā nenonāktu trahejā jeb elpvadā. Parasti, kad barības kumosu muskuļi virza no rīkles barības vadā, trahejas ieeju noslēdz **uzbalsenis** (*epiglottis*; gr. *epi* – virs un *glotis* – mēle). **Barības vads** (*esophagus*; gr. *eso* – iekšā un *phagein* – ēst) ir cauruļveida orgāns, caur kuru barība nonāk kuņģī. Barību pa barības vadu virza tā sienīņu **ritmiskas kontrakcijas** jeb **peristaltika** (gr. *peri* – apkārt un *staltis* – saspiešana) (8.7. att.). Tādā pašā veidā barība pārvietojas arī pa citām gremošanas trakta cauruļveida struktūrām.

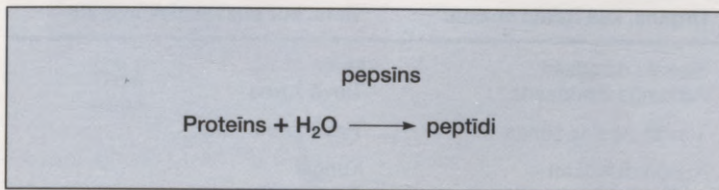
Kuņģis

Kuņģis parasti uzkrāj līdz diviem litriem daļēji sagremotās barības. Līdz ar to cilvēki var periodiski apēst diezgan daudz barības, bet pārējo laiku veltīt citām nodarbībām. Jau deviņpadsmitā gadsimta vidū kāds amerikāņu ārsts konstatēja, ka kuņģis ir kaut kas vairāk nekā vienkārša barības krātuve. Kādam viņa pacientam bija sašauts kuņģis. Ārsts kuņģi sadziedēja, atstājot tikai nelielu atveri jeb fistulu, caur kuru

varēja ielūkoties kuņģa iekšienē. Caur šo fistulu izdalījās kuņģa gļotādas dziedzeršūnu radītā kuņģa sula. Ārsts secināja, ka kuņģa muskuļi enerģiski darbojas un ka šī sula izdalās katru reizi, kad kuņģī nonāk barība (8.8. att.). Viņš konstatēja, ka kuņģa sula satur sālsskābi (HCl) un vielu, kas veicina gremošanu (to vēlāk nosauca par enzīmu pepsīnu). Viņš konstatēja arī to, ka kuņģa sula izdalās neatkarīgi no aizsarggļotu sintēzes kuņģī. Šie rūpīgie pētījumi bija pamats gremošanas fizioloģijas attīstībai.

Kuņģa izdalītās sālsskābes iespaidā kuņģa sulas pH ir aptuveni 2. Tik skāba vide parasti spēj nogalināt baktērijas un citus mikroorganismus, kas atrodas barībā. Kuņģa skābajā vidē siekalu enzīms amilāze pārtrauc darboties, jo tas ir aktīvs gandrīz neitrālā pH, kāds ir siekalās. Amilāze ierosina pepsīna aktivitāti.

Pepsīns ir hidrolītisks enzīms, kas proteīnus sašķel par peptīdiem.

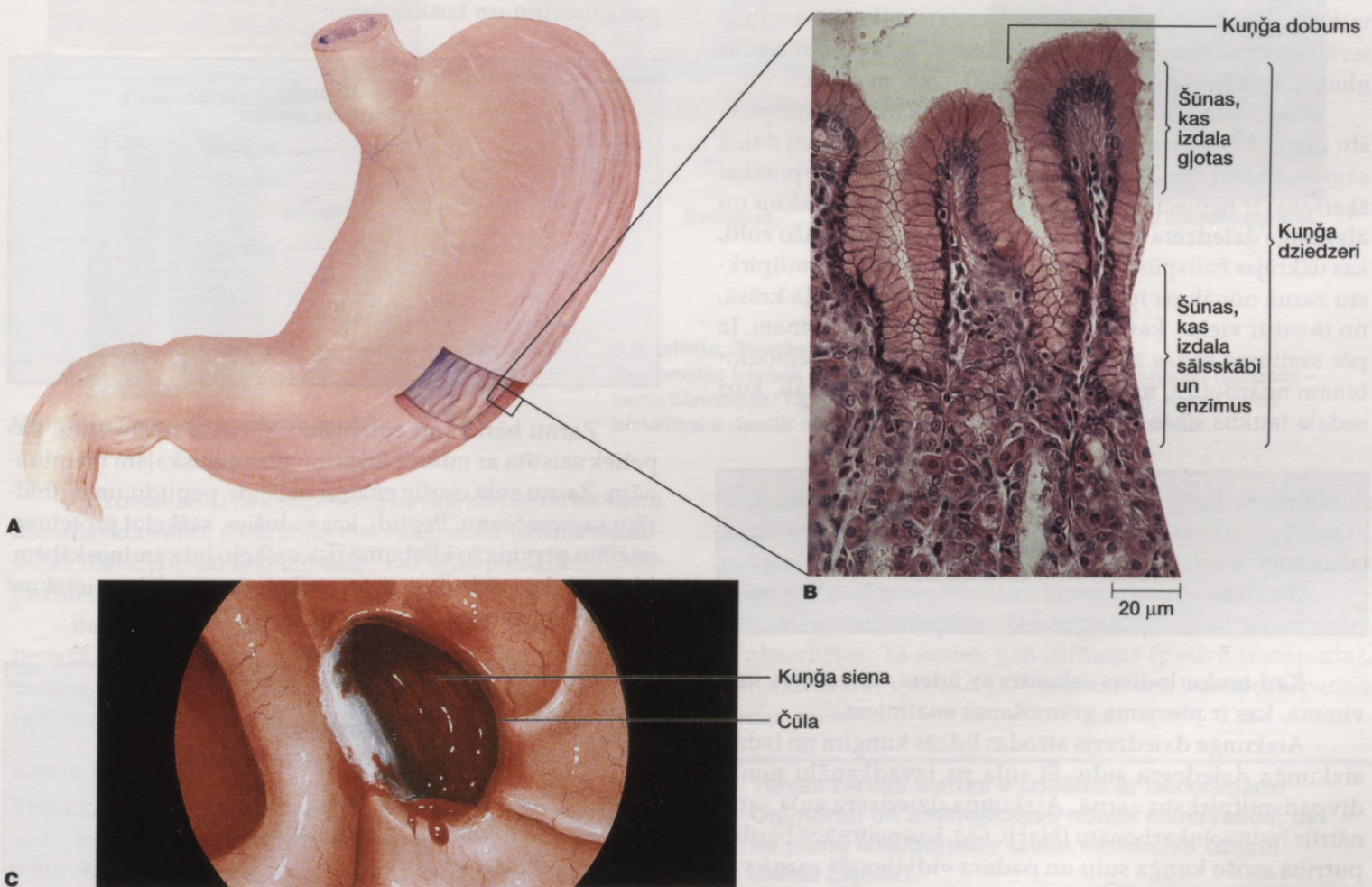


Kuņģa saturs ir biezs un atgādina zupu. Kuņģa pamatnē atrodas šaura atvere, kuru regulē vārtņieka slēdzēj-muskulis, kas atrodas ap zarnu. Ja muskulis saraujas, atvere tiek aizvērta, bet, ja tas atslābst, atvere atveras un neliels barības daudzums caur to nonāk divpadsmitpirkstu zarnā – tievās zarnas sākuma posmā (sk. 8.5. att.). Kad barības putriņa nonāk divpadsmitpirkstu zarnā, nervu reflekss liek vārt-

nieka slēdzējmuskulim sarauties un ieeja zarnā uz kādu laiku aizveras. Barība, nonākot zarnās pa mazām porcijām, tiek pilnīgi sagremota.

Kuņģa sienas un divpadsmitpirkstu zarnas sākuma posmu no enzīmu iedarbības aizsargā bieza gļotu kārtā. Tomēr dažkārt cilvēkiem kuņģa sienās izveidojas čūla – jēlums, kas rodas, noārdoties audiem. Ir noskaidrots, ka kuņģa čūlu izraisa skābes izturīga baktērija *Helicobacter pylori*, kas bojā kuņģa epitēliju. Vietā, kur baktēriju bojātais epitēlijs pārtrauc ražot gļotas, kuņģis tiek pakļauts pašsagremošanai, un rodas čūla.

Barība tievajā zarnā nonāk, izejot cauri mutei, rīklei, barības vadam un kuņģim. Mutes dobumā siekalu amilāze sadala cieti līdz maltozei. Kuņģī pepsīns sadala proteīnus līdz peptīdiem.



8.8. attēls. Kuņģa uzbūve

A. Kuņģim ir bieža siena, un tas izplešas, kad tajā nonāk barība. **B.** Kuņģa sienās ir gļotu dziedzeri, kas izdala gļotas, un kuņģa gļotādas dziedzeršūnas, kuras savukārt izdala kuņģa sulu, kas iedarbojas uz proteīniem. **C.** Asiņojoša kuņģa čūla, ko var redzēt ar endoskopu – gremošanas traktā ievadāms cauruļveida instruments, kam ir sika lēca un gaismas avots.

8.2. tabula

Gremošanas enzīmi

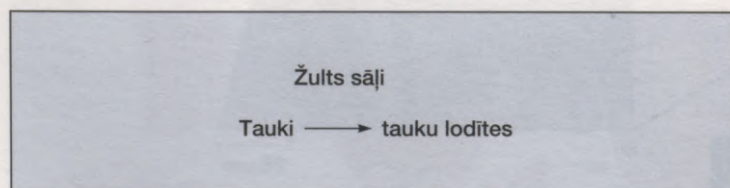
Reakcija	Enzīms	Orgāns, kas izdala enzīmu	Vieta, kur enzīms tiek izdalīts
Ciete + H ₂ O → maltoze	Siekalu amilāze Aizkuņģa dziedzera sula	Siekalu dziedzeri Aizkuņģa dziedzeris	Mute Tievā zarna
Maltoze + H ₂ O → glikoze	Maltāze	Tievās zarnas šūnas	Tievā zarna
Proteīns + H ₂ O → peptīdi	Pepsīns Tripsīns	Kuņģa dziedzeri Aizkuņģa dziedzeris	Kuņģis Tievā zarna
Peptīdi + H ₂ O → aminoskābes*	Peptidāzes	Tievās zarnas šūnas	Tievā zarna
Tauki + H ₂ O → glicerīns + taukskābes*	Lipāze	Aizkuņģa dziedzeris	Tievā zarna

* – Nav tulk. Absorbējas bārktstīnās

Tievā zarna – barības vielu absorbētāja

Cilvēka tievā zarna ir aptuveni 3 metrus gara, saritināta caurule. Pēc cilvēka nāves tā kļūst 6 metrus gara. Tievās zarnas glotāda ir sakrokota – uz tās ir rievas un izciļņi, kas palielina kopējo virsmu. Uz rievu un izciļņu virsmas ir sīki pirkstveida izaugumi, ko sauc par **zarnu bārktstīnām** (lat. *villus* – pinkains mats). Savukārt zarnu bārktstīnām ir mikrobārktstīņas. Gan bārktstīņas, gan mikrobārktstīņas ievērojami palielina zarnu uzsūcējvirsmu. Ja tievā zarna būtu gluda caurule, tai vajadzētu būt 500 – 600 m garai.

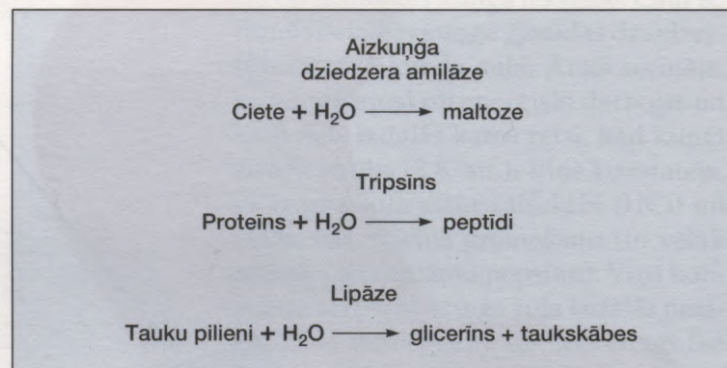
Kad barības putriņa no kuņģa nonāk divpadsmitpirkstu zarnā, barībā esošie ogļhidrāti un proteīni ir tikai daļēji sagremoti, bet tauki vispār nav sašķelti. Barības turpmākai šķelšanai ir nepieciešama cilvēka lielākā orgāna – **aknu** un **aizkuņģa dziedzera** palīdzība (sk. 8.5. att.). Aknas ražo žulti, kas uzkrājas žultspūslī. Žults no žultspūšļa divpadsmitpirkstu zarnā nonāk pa īpašu izvadkanālu. Žults ir zaļā krāsā, un tā satur vielas, kas rodas, noārdoties hemoglobīnam. Ja pēc sasituma rodas zilums, tad var novērot, kā, hemoglobīnam noārdoties, mainās tā krāsa. Žulti ir žults sāļi, kuri sadala taukus sīkās lodītēs (emulsijā).



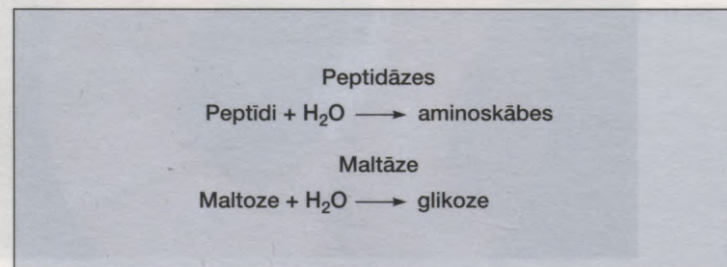
Kad tauku lodītes sajaucas ar ūdeni, izveidojas liela virsma, kas ir pieejama gremošanas enzīmiem.

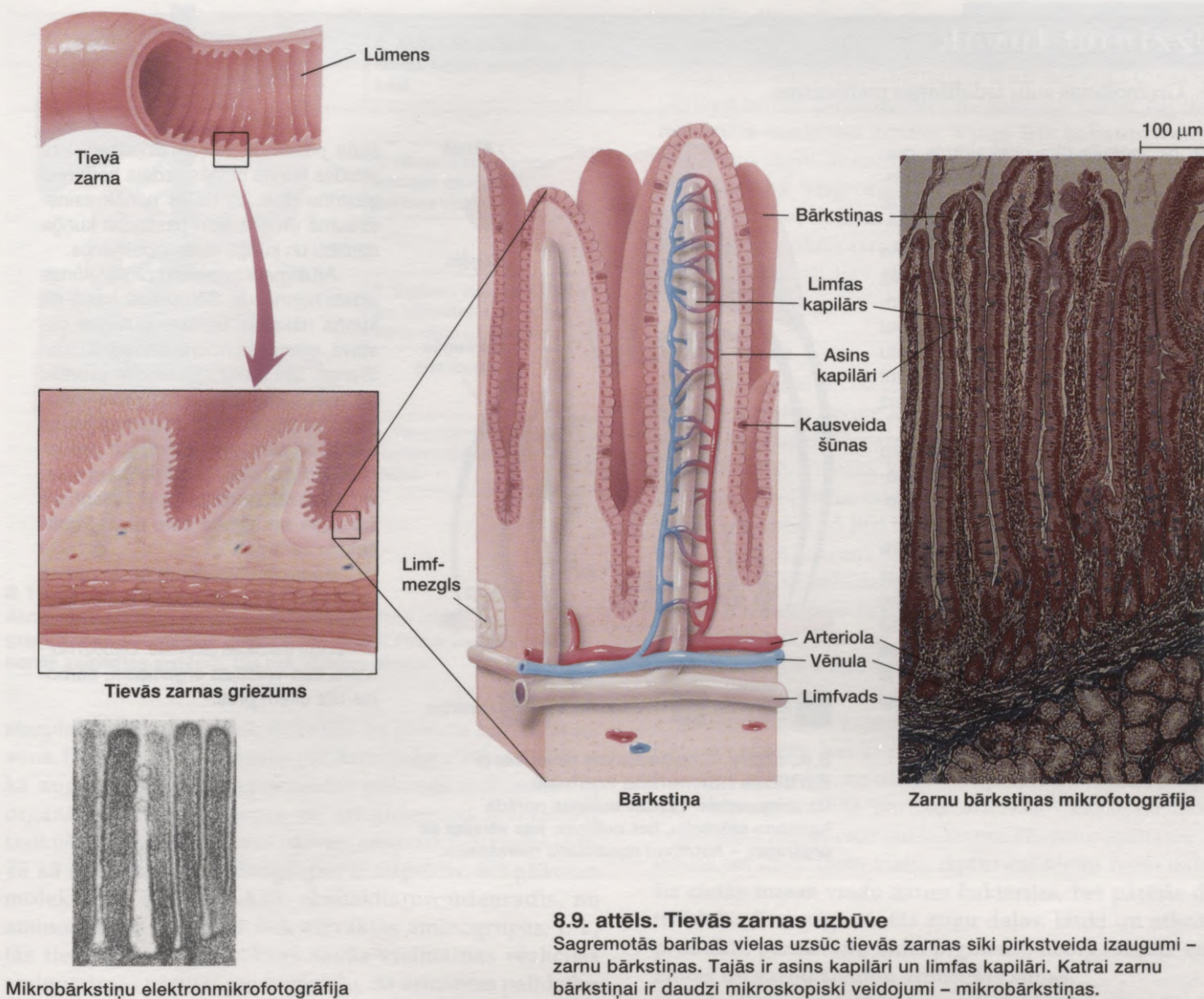
Aizkuņģa dziedzeris atrodas līdzās kuņģim un izdala aizkuņģa dziedzera sulu. Šī sula pa izvadkanālu nonāk divpadsmitpirkstu zarnā. Aizkuņģa dziedzera sula satur nātrija hidroģēnkarbonātu (NaHCO₃), kas neitralizē barības putriņā esošo kuņģa sulu un padara vidi tievajā zarnā vāji sārmainu. Vides pH paaugstināšanās pārtrauc kuņģa sulas

iedarbību, neļaujot tai sagremot tievās zarnas sieniņas, un rada optimālus apstākļus zarnu sulas un aizkuņģa dziedzera sulas enzīmu darbībai. Aizkuņģa dziedzera sulā ir enzīmi, kuri iedarbojas uz visām barības vielu pamatgrupām (8.2. att.). Aizkuņģa dziedzera **amilāze** sašķel cieti par maltozi, **tripsīns** un citi enzīmi sašķel proteīnus par peptīdiem un aminoskābēm, bet **lipāze** sašķel tauku lodītes par glicerīnu un taukskābēm.



Zarnu bārktstīņu epitēlijšūnas izdala zarnu sulu, kas paliek saistīta ar mikrobārktstīņu plazmatiskajām membrānām. Zarnu sulā esošie enzīmi pabeidz peptīdu un ogļhidrātu sagremošanu. Peptīdi, kas radušies, sašķeļot proteīnus, enzīmu peptidāžu klātbūtnē tiek sašķelti līdz aminoskābēm. Maltoze, kas radusies, cietei sašķeļoties, maltāzes ietekmē pārvēršas par glikozi.





8.9. attēls. Tievās zarnas uzbūve

Sagremotās barības vielas uzsūc tievās zarnas sīki pirkstveida izaugumi – zarnu bārktiņas. Tajās ir asins kapilāri un limfas kapilāri. Katrai zarnu bārktiņai ir daudzi mikroskopiski veidojumi – mikrobārktiņas.

Citi disaharīdi tiek sagremoti tievajā zarnā, un uz katru diasaharīda veidu iedarbojas cits enzīms. Ar uztura sadalīšanas reakcijām un ar enzīmiem, kas tajās piedalās, var iepazīties 8.2. tabulā.

Barība sastāv galvenokārt no ogļhidrātiem (cietes), proteīniem un taukiem. Lielās makromolekulas gremošanas enzīmi sašķeļ par mazām molekulām, kuras spēj absorbēt tievās zarnas bārktiņas.

Zarnu bārktiņas

Tievā zarna ir pielāgota barības vielu absorbēšanai. Barības vielu molekulas absorbē milzīgs skaits zarnu sienas bārktiņu. Katrai zarnu bārktiņai ir mikroskopiski izaugumi – mikrobārktiņas. Tās ievērojami palielina absorbējošo virsmu

(8.9. att.). Katrā bārktiņā ir asinsvadu kapilārs un limfas kapilārs. Zarnu bārktiņas šūnās nonākušie ogļhidrāti nokļūst asinsstrāvē, bet glicerīna un taukskābju molekulas kļūst par tauku molekulām, kuras uzsūcas limfvadā.

Absorbēšana turpinās, kamēr gandrīz visas barības vielas ir absorbētas. Tā notiek gan difūzijas (pasīvā transporta), gan aktīvā transporta ceļā. Vielu aktīvais transports patērē šūnas enerģiju.

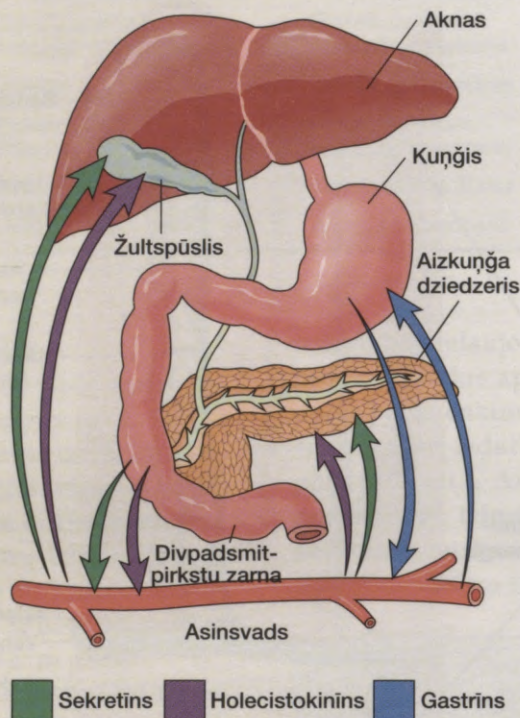
Tievās zarnas sienas ir izklātas ar bārktiņām. Ogļhidrāti un aminoskābes nonāk asinsvadā, bet no jauna izveidojušās tauku molekulas uzņem limfas kapilāri.

Uzziniet tuvāk

► Gremošanas sulu izdalīšanās mehānisms

19. gs. beigās tika noskaidrots gremošanas sulu izdalīšanās mehānisms. Ivans Pavlovs veica eksperimentus ar suņiem. Zinātnieks pierādīja, ka sunim, kurš pieradis barību saņemt pēc zvana signāla, jau izdzirdot šis skaņas, sāk izdalīties siekalas. I. Pavlova eksperimenti apliecināja, ka domas vien par ēšanu rada nervu sistēmas ierosinātu gremošanas sulu sekrēciju. Pastāvot refleksiem, kuņģa un tievās zarnas sulas izdalās jau tad, kad barība ir nonākusi mutē. Barības klātbūtne sūta smadzenēm nervu impulsus, bet smadzenes iedarbojas uz gremošanas dziedzeriem un liek tiem izdalīt sulas.

20. gs. beigās pētnieki ir noskaidrojuši, ka arī hormoni regulē gremošanas sulu sekrēciju. Hormoni ir vielas, ko izdala noteiktas šūnu grupas un pārnēsā asinīs. Šīs vielas ietekmē kādas citas šūnas jeb mērķšūnas. Tā, piemēram, ja cilvēks ir apēdis barību, kas bagātīgi



8.A. attēls. Gremošanas dziedzera darbības hormonālā kontrole

Uz asinsvadiem virzītās bultņas norāda hormonu sekrēciju, bet bultņas, kas vērstas uz orgāniem, – hormonu nonākšanu mērķšūnās.

satur proteīnus, kuņģa dziedzeri, kas atrodas kuņģa sienās, izdala hormonu gastrīnu (8.A. att.). Tas nonāk asinsstrāvē un drīz vien pastiprina kuņģa darbību un kuņģa sulas izdalīšanos.

Arī divpadsmitpirkstu zarnas šūnas izdala hormonus. Sālsskābe, kas ir no kuņģa nākošās barības putriņas sastāvā, stimulē hormona sekretīna izdalīšanos, bet daļēji sagremotie proteīni un tauki ierosina holecistokīna rašanos. Drīz pēc šo hormonu nonākšanas asinīs no aizkuņģa dziedzera pastiprināti izdalās aizkuņģa dziedzera sula, aknas vairāk veido žulti, bet žultspūslis saraujas un izvada žulti divpadsmitpirkstu zarnā.

Kāds cits divpadsmitpirkstu zarnas veidotais hormons darbojas pretēji gastrīnam, samazinot kuņģa sulas sekrēciju un kuņģa darbības aktivitāti. Daudzi hormoni, kas veidojas organismā, darbojas cits citam pretī.

Gremošanas palīgorgāni

Aizkuņģa dziedzeris un aknas, tāpat kā zobi, siekalu dziedzeri un žultspūslis, ir gremošanas palīgorgāni. 8.5. attēlā parādīts, kā aizkuņģa dziedzera sula no aizkuņģa dziedzera un žults no aknām pa izvadkanāliem nonāk divpadsmitpirkstu zarnā.

Aizkuņģa dziedzeris

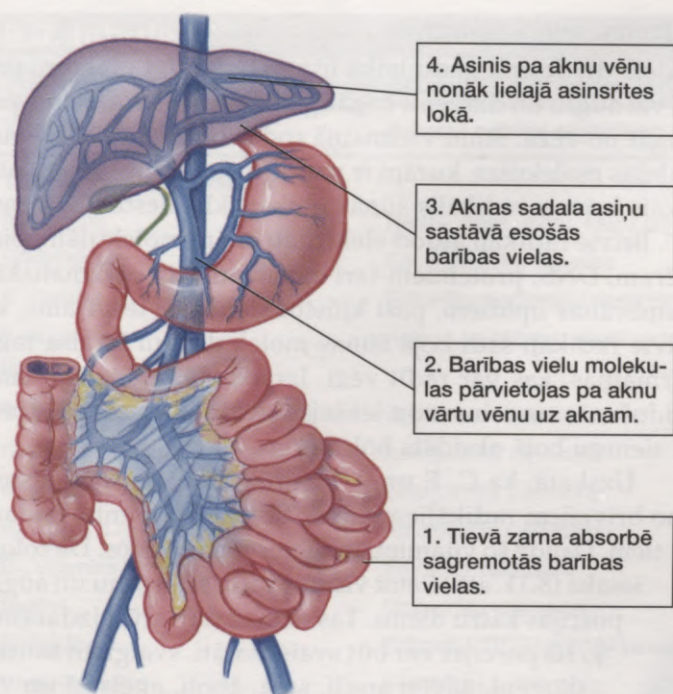
Aizkuņģa dziedzeris atrodas dziļi vēdera dobumā un balstās uz vēdera aizmugurējās sienas. Aizkuņģa dziedzeris ir garens nedaudz saplacināts jauktās sekrēcijas dziedzeris. Tas darbojas kā ārējās sekrēcijas dziedzeris, izdalot aizkuņģa dziedzera sulu divpadsmitpirkstu zarnā, un kā iekšējās sekrēcijas dziedzeris, izdalot hormonus insulīnu un glikagonu asinīs. Lielākā daļa aizkuņģa dziedzera šūnu izdala aizkuņģa dziedzera sulu, kurā ir barības vielu sašķelšanai nepieciešamie gremošanas enzīmi (sk. 8.2. tab.). Šī sula pa aizkuņģa dziedzera izvadkanālu nonāk tievās zarnas sānkumdaļā – divpadsmitpirkstu zarnā.

Aknas

No tievās un resnās zarnas atejošie asinsvadi apvienojas un izveido aknu vārtu vēnu, kas asinis aizvada uz aknām (8.10. att.). Aknām ir daudzas funkcijas.

1. Aknas attīra asinis no indīgām vielām.
2. Aknas veido asins plazmas proteīnus, piemēram, albumīnu un fibrinogēnu.
3. Aknas noārda vecos eritrocītus un pārvērš hemoglobīnu par žults pigmentiem – bilirubīnu un biliverdīnu.
4. Aknas veido žulti. Tā uzkrājas žultspūslī. Žults, nonākot tievajā zarnā, pārvērš taukus emulsijā.
5. Aknas uzkrāj glikozes rezerves glikogēna veidā. Ēšanas starplaiķos aknas uztur nemainīgu glikozes daudzumu asinīs, pārvēršot rezerves glikogēnu par glikozi.
6. Aknas veido urīnvielu no aminogrupām un amonija.

Sikāk tiks aplūkota cukura daudzuma regulācija. Aknas nodrošina nemainīgu glikozes koncentrāciju asinīs (aptuveni 0,1%), lieko glikozi uzkrājot glikogēna veidā. Ēdienreizi



8.10. attēls. Aknu vārtu sistēma

Aknu vārtu sistēma uzņem sagremotās barības vielas no gremošanas sistēmas un nogādā tās aknās. Pirms barības vielas nonāk asinsrites sistēmā, tās tiek attīrītas aknās.

starplaikā glikogēns tiek noārdīts un glikoze nonāk aknu vēnā. Glikogēnu reizēm sauc par **dzīvnieku cieti**, jo tā, tāpat kā augos esošā ciete, spēj veidot glikozes molekulas. Ja organismā trūkst glikozes un arī glikogēna rezerves ir izsīkušas, par glikozi aknas pārvērš aminoskābju molekulas. Tā kā aminoskābju aminogrupās ir slāpekļis, bet glikozes molekulā ir tikai ogleklis, skābeklis un ūdeņradis, no aminoskābēm vispirms tiek aizvāktas aminogrupas, t. i., tās tiek deaminētas. Aknas savās vielmaiņas reakcijās aminogrupas pārvērš par urīnvielu. Ar asinsrites palīdzību urīnviela nonāk nierēs, un nieres to urīna veidā izvada laukā no organisma.

Asinis no tievās zarnas nonāk aknu vārtu vēnā, bet pa to – aknās, kas ir dzīvībai ļoti nozīmīgs orgāns, jo organismā veic dažādas funkcijas.

Aknu slimības

Dzelte, hepatīts un aknu ciroze ir trīs izplatītākās slimības, kas bojā aknas un traucē to atjaunošanās spējas. Ja cilvēkam ir dzelte, viņa āda ir dzeltenīga, jo asinīs ir pārāk liels žults pigmenta bilirubīna daudzums. Hemolītiskās dzeltes gadījumā ļoti lielos daudzumos tiek noārdītas eritrocītu šūnas. Pastāv arī otrs dzeltes veids. Tas rodas, ja ir nosprostots žultsvads vai bojātas aknas. Visbiežāk tas gadās, ja cilvēkam no žults izdalās holesterīna nogulsnes un veidojas žultsak-

meņi. Dzelti var izraisīt arī vīrusu hepatīts. Ir zināms hepatīts A, hepatīts B un hepatīts C. Hepatīts A visbiežāk rodas, ieēdot inficētu barību. Hepatītu B un hepatītu C var iegūt, pārlejot asinis, pieslēdzoties mākslīgajai nierei vai lietojot nesterilas injekcijas adatas. Visus trīs hepatīta veidus ir iespējams iegūt dzimumkontakta ceļā. Ciroze ir hroniska aknu slimība. Vispirms notiek aknu aptaukošanās. Pēc tam aknu audi nomainās ar neaktīviem šķiedrainiem rētaudiem. Visbiežāk ar aknu cirozi slimo alkoholiķi. Tā rodas tāpēc, ka aknas nespēj tikt galā ar pārmērīgi lielajām alkohola devām.

Resnā zarna

Resnajai zarnai ir četras daļas: aklā zarna, lokzarna, taisnā zarna un anālā atvere jeb ānuss. Savukārt lokzarnu sīkāk iedala augšupejošā zarnā, šķērszarnā un lejupejošā zarnā (sk. 8.5. att.). Cilvēks katru dienu ēdot un dzerot uzņem aptuveni 1,5–2 litrus ūdens. Papildus tam gremošanas traktā nonāk aptuveni 8,5 litri dažādu gremošanas dziedzeru izdalītās sulas. Aptuveni 95 % no šā ūdens daudzuma uzsūc tievā zarna, bet lielu daļu no atlikušā ūdens daudzuma uzsūc resnās zarnas šūnas. Ja šis ūdens netiek reabsorbēts, cilvēkam rodas caureja, kas var radīt nopietnu organisma atūdeņošanos un jonu zudumu. Īpaši bīstami tas ir maziem bērniem.

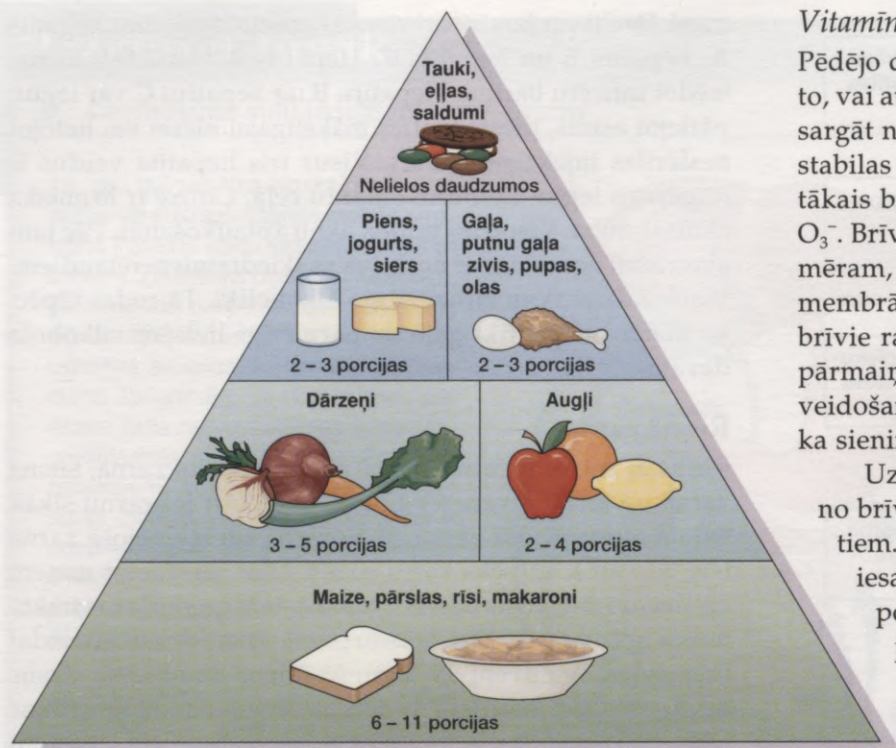
Resnā zarna kalpo arī kā jonu regulators. Tā absorbē daļu no sāļiem, kas kopā ar barību plūst cauri. Absorbēts tiek arī K vitamīns, ko izdala tievajā zarnā mītošas baktērijas.

Nesagremotās barības atliekas (fekālijas) cilvēka organismu pamet caur anālo atveri. Tās satur aptuveni 75 % ūdens un 25 % cieto vielu. Aptuveni vienu trešo daļu no šīs cietās masas veido zarnu baktērijas, bet pārējās divas trešdaļas ir nesagremotās augu daļas, tauki un atkritumprodukti, piemēram, žults pigmenti, neorganiskās vielas, gļotas un zarnu sienīņu atmirušās šūnas.

Ir divas nopietnas ar resno zarnu saistītas slimības. Vietu, kur tievā zarna pāriet resnajā zarnā, sauc par aklo zarnu. Tā ir maisveida. Aklajai zarnai ir neliels pirkstveida izaugums – aklās zarnas piedēklis jeb apendikss. Šajā izaugumā var sākties iekaisums jeb **apendicīts**. Inficētais piedēklis piebriest un var pārplīst. Ja tas pārplīst, pirms tiek izoperēts, var rasties ļoti nopietns vēdera dobuma iekaisums jeb peritonīts.

Resnajā zarnā var veidoties polipi – nelieli epitēlija veidojumi. Vienalga, vai tie ir labdabīgi vai arī ļaundabīgi, ir nepieciešama operācija. Labs profilakses pasākums pret resnās zarnas vēzi ir tāds uzturs, kurā ir maz tauku un daudz augu šķiedru, jo tad mutagēnās vielas, kas var radīt audzēju, īsā laikā tiek izvadītas no organisma.

Resnā zarna neizdala gremošanas enzīmus. Tā absorbē ūdeni un sāļus.



8.11. attēls. Uztura piramīda

Uztura piramīda parāda, cik liela nozīme cilvēka uzturā ir graudiem un cik nevēlami ir tauki, eļļas un saldumi.

8.3. Uztura ietekme uz veselību

Lai varētu būt drošs, ka organisms saņem visas nepieciešamās barības vielas, ir jālieto sabalansēts uzturs. Kā parādīts 8.11. attēlā, sabalansētā uzturā ir dažādi uzturlīdzekļi.

Vitamīni ietekmē vielmaiņu

Vitamīni ir organiskas vielas, kas nepieder ne pie ogļhidrātiem, ne pie taukiem, ne pie proteīniem. Organisms nespēj vitamīnus sintezēt, tomēr tie ir nepieciešami normālai vielmaiņai. Daudzi vitamīni ir koenzīmi (kofermenti), kas palīdz enzīmiem. Piemēram, riboflavīns ietilpst FAD sastāvā. Koenzīmi ir nepieciešami nelielās devās, jo organismā tie tiek izmantoti atkārtoti. Vitamīniem ir arī citas funkcijas. Piemēram, A vitamīns ir vajadzīgs redzes pigmenta veidošanai, tāpēc tā trūkums rada "vistas aklumu". Cilvēkiem jau sen ir zināms, ka vitamīnu trūkums rada dažādus simptomus. Pavisam ir zināmi 13 vitamīni. Tos iedala ūdenī šķīstošajos un taukos šķīstošajos vitamīnos (8.3. tab.).

Vitamīni antioksidanti

Pēdējo divdesmit gadu laikā ir veikti daudzi pētījumi par to, vai augļu un dārzeņu bagātīga lietošana uzturā spēj pasargāt no vēža. Šūnu vielmaiņā rodas brīvie radikāļi – nestabilas molekulas, kurām ir papildu elektrons. Visizplatītākais brīvais radikālis šūnās ir skābeklis nestabilā formā O_3^- . Brīvie radikāļi atdod elektronu citām molekulām, piemēram, DNS, proteīniem (arī enzīmiem) un plazmatiskās membrānas lipīdiem, paši kļūstot stabilāki. Iespējams, ka brīvie radikāļi šādi bojā šūnas molekulas un izraisa tajās pārmaiņas, kas var radīt vēzi. Izrādās, ka nogulsņējumu veidošanās uz asinsvadu iekšējās sienas arī sākas tāpēc, ka sienīņu bojā oksidēts holesterīns.

Uzskata, ka C, E un A vitamīns pasargā organismu no brīvajiem radikāļiem, tāpēc tos sauc par antioksidantiem. Daudz šo vitamīnu ir augļos un dārzeņos. Dietologi iesaka (8.11. att.) lietot vismaz piecas dārzeņu un augļu porcijas katru dienu. Tas nemaz nav grūti izdarāms, jo šīs porcijas var būt svaigi salāti, svaigi un sautēti dārzeņi, žāvēti augļi, sula, āboli, apelsīni un vēl daudz kas cits.

Arī uztura piedevas var aizsargāt pret vēzi, sirds un asinsvadu slimībām, bet tās nevar aizstāt augļu un dārzeņu lietošanu. Lietojot vitamīnu tabletes, nevar saņemt daudzas tādas vielas, kas ir dabiskajos augļos. Augļos esošās vielas palīdz organismam labāk izmantot barību, un tām ir vēl citas bioloģiskas funkcijas.

D vitamīns – kaulu nostiprinātājs

Ādā ir viela, no kuras veidojas holesterīns. Ja uz šīs vielas molekulām iedarbojas ultravioletie stari, tās pārvēršas par D vitamīnu. Ādu nav vajadzīgs ilgstoši saulot, jo pietiek ar nelielu ultravioleto staru daudzumu, lai tajā veidotos D vitamīns. No ādas D vitamīns vispirms nonāk nierēs, pēc tam aknās, kur tas pārvēršas par calcitriolu (aktivēta forma). Šī viela cirkulē pa visu organismu un regulē kalcija uzņemšanu un vielmaiņu. Calcitriols veicina kalcija absorbciju tievajā zarnā. Ja bērnam trūkst D vitamīna, viņam veidojas rahīts. Skeleta mineralizācijas traucējumu dēļ kājas kļūst likas. Gandrīz visos piena maisījumos ir D vitamīns. Tas palīdz izvairīties no rahīta.

Vitamīni ir nepieciešami šūnu vielmaiņai. Vitamīni palīdz izvairīties no dažādām slimībām un kaitēm.

8.3. tabula**Vitamīnu loma organismā un produkti, kuros tie ietilpst**

Vitamīns	Galvenā nozīme organismā	Produkti
Taukos šķīstošie vitamīni		
A vitamīns	Redze, ādas, matu, kaulu un dzimumorgānu veselība	Zaļie un dzeltenie dārzeņi, piena produkti
D vitamīns	Kaulu un zobu veselība	Piena produkti, trekns zivis, olas
E vitamīns	Eritrocītu membrānu nostiprināšana	Zaļie lapu dārzeņi, graudi
K vitamīns	Asiņu sarecēšana, kaulu vielmaiņa	Zaļie lapu dārzeņi, kāposti, ziedkāposti
Ūdenī šķīstošie vitamīni		
B ₁ vitamīns (tiamīns)	Ogļhidrātu vielmaiņa	Cūkgaļa, graudi
B ₂ vitamīns (riboflavīns)	Enerģētiskā vielmaiņa	Graudi, piens, zaļie dārzeņi
B ₃ vitamīns	Enerģētiskā vielmaiņa	Liesa gaļa, graudi
B ₆ vitamīns (piroksidīns)	Aminoskābju vielmaiņa	Gaļa, zivis, graudi
B ₁₂ vitamīns	Eritrocītu veidošana	Gaļa, piena produkti
Biotīns	Ogļhidrātu vielmaiņa	Olas, gandrīz visi produkti
Folijskābe	Eritrocītu, DNS un RNS veidošana	Zaļie lapu dārzeņi, rieksti, graudi
Pantotēnskābe	Enerģētiskā vielmaiņa	Vairums produktu
C vitamīns (askorbīnskābe)	Kolagēna veidošana	Citrusaugļi, tomāti, upenes

8.4. tabula**Sāļi, to loma organismā un produkti, kas tos satur**

Elementi	Galvenā nozīme organismā	Produkti
Makroelementi		
Kalcijs (Ca)	Kaulu un zobu stiprināšana, nervu impulsu pārvade, muskuļu kontrakcijas	Piena produkti, zaļie lapu dārzeņi
Fosfors (P)	Kaulu un zobu stiprināšana	Gaļa, piena produkti, graudi
Kālijs (K)	Nervu impulsu vadīšana, muskuļu kontrakcijas	Daudzi dārzeņi un augļi
Nātrijs (Na)	Nervu impulsu vadīšana, pH līdzsvarošana	Vārāmā sāls
Hlors (Cl)	Ūdens daudzuma regulācija	Vārāmā sāls
Magnijs (Mg)	Proteīnu sintēze	Graudi, zaļie lapu dārzeņi
Mikroelementi		
Cinks (Zn)	Ievainojumu sadzīšana, audu augšana	Graudi, pākšaugi, gaļa
Dzelzs (Fe)	Hemoglobīna sintēze	Graudi, pākšaugi, olas, zaļie lapu dārzeņi
Fluors (F)	Zobu un kaulu stiprināšana	Fluoru saturoša sāls, tēja, fluora tabletes
Varš (Cu)	Hemoglobīna sintēze	Jūras zivis, graudi, pākšaugi
Jods (I)	Vairogdziedzera hormonu sintēze	Jūras zivis, joda tabletes

Sāļi – šūnu uzbūves un funkciju nodrošinātāji

Organismam ir vajadzīgi ne tikai vitamīni, bet arī sāļi (8.4. tab.). Daži sāļi, piemēram, tie, kuros ietilpst kalcijs, fosfors, kālijs, nātrijs, hlors un magnijs, ik dienu ir jāuzņem aptuveni 100 mg. Šos sāļus sauc par makroelementiem. Tie ietilpst asiņu, audu šķidrums un audu sastāvā. Piemēram, kalcijs ir nepieciešams kaulu un zobu uzbūvei, kā arī nervu darbības un muskuļu kontrakciju nodrošināšanai. Citi sāļi, piemēram, tie, kas satur dzelzi, magniju, varu, jodu, kobaltu un cinku, nepieciešami līdz 20 mg dien-

naktī. Šos sāļus sauc par mikroelementiem, un tiem ir ļoti specifiskas funkcijas organismā. Piemēram, dzelzs ir vajadzīga hemoglobīna, bet jods – vairogdziedzera hormonu veidošanai. Joprojām tiek atklāti jauni un jauni elementi, kuriem ir būtiska loma organisma darbības nodrošināšanā. Pēdējo trīsdesmit gadu laikā ir atklāts, ka labas veselības saglabāšanai ļoti nelielos daudzumos vajadzīgs molibdēns, selēns, hroms, niķelis, vanādijs, silīcijs un pat arsēns.

Dažkārt cilvēka uzturā pārāk maz ir dzelzs, kalcija, magnija vai cinka. Sievietēm ar uzturu dzelzs ir jāuzņem

vairāk nekā vīriešiem, jo viņas dzelzi zaudē katras menstruācijas laikā. Viņām ik dienas jāuzņem 18 mg dzelzs, turpretim vīriešiem – 10 mg. Stresa dēļ organismā var rasties magnija deficīts, bet veģetārs uzturs var radīt cinka trūkumu, jo cinks galvenokārt ir gaļā. Tikai daudzveidīgs un pilnvērtīgs uzturs spēj nodrošināt organismu ar visām tam nepieciešamajām vielām.

Kalcijs – kaulu veidotājs

Osteoporozē (gr. *osteon* – kauls un *poros* – caurums, kanāls) ir kaulu slimība, kas skar gados vecus cilvēkus – aptuveni vienu ceturtdaļu vīriešu un pusi sieviešu. Osteoporozē rodas tāpēc, ka osteoklasti (noārda kaulu šūnas) darbojas daudz aktīvāk par osteoblastiem (veido kaulu šūnas). Ja kaulos trūkst kalcijs, tie kļūst poraini un viegli lūst. Pētījumos par kaulu trauslumu veciem cilvēkiem secināts, ka katram cilvēkam ir jāuzņem 1000–1500 mg kalcijs diennaktī. Tāpēc papildus pārtikas produktiem ir jāuzņem arī kalcijs. Kaulu masas palielināšanos labvēlīgi ietekmē fiziskie vingrinājumi. Ir arī tādi medikamenti, ar kuru palīdzību var palielināt

kaulu masu, neietekmējot muskuļu masu. Šie preparāti jālieto stingrā ārsta uzraudzībā.

Nātrijs – ūdens saglabātājs

Diennaktī ieteicams uzņemt 400–3300 mg nātrija. Tomēr cilvēki to uzņem vairāk, nekā ir nepieciešams. Uzturā pārlietu daudz tiek lietota vārāmā sāls (nātrija hlorīds). Pēdējā laikā šai problēmai ir pievērsta īpaša uzmanība, jo pārmērīga sāls lietošana izraisa paaugstinātu asinsspiedienu. Viena trešā daļa no tā sāls daudzuma, ko uzņemam, pārtikā ir dabiskā veidā. Vienu trešo daļu pievieno kulināri, izgatavojot pārtikas produktus, un vienu trešo daļu cilvēki bieži pievieno, gatavojot pusdienas vai ēdot tās.

Tātad katrs pats varam samazināt savā uzturā sāls daudzumu, ja kontrolējam, cik daudz sāls apēdam.

Pārmērīga sāls lietošana uzturā rada hipertoniāli – paaugstinātu asinsspiedienu. Lietojiet uzturā mazāk sāli!

Pārskats

Pie kuras orgānu sistēmas pieder aknas? Mēģinot atbildēt uz šo jautājumu, var nonākt pie secinājuma, ka organismu tikai nosacīti var sadalīt orgānu sistēmās. Droši var apgalvot, ka mute, barības vads, kuņģis un zarnas pieder pie gremošanas orgānu sistēmas. Tomēr pat šiem orgāniem ir vēl citas funkcijas. Piemēram, kuņģis un tievā zarna izdala hormonus, kuri ietekmē iekšējās sekrēcijas dziedzeru darbību (sk. 148. lpp.). Muskuļi un nervi nespētu darboties, ja tie nesaņemtu kalciju no gremošanas sistēmas. Neviena orgānu

sistēma nespētu darboties, ja tā no gremošanas sistēmas ar asinsrites palīdzību nesaņemtu nepieciešamās barības vielas.

Aknām ir daudz funkciju. Tās var pieskaitīt gan pie asinsrites sistēmas, jo tajās veidojas asins plazmas olbaltumvielas, gan pie izvadorgānu sistēmas, jo tajās veidojas urīnviela, gan pie gremošanas orgānu sistēmas, jo tās ražo žulti. Aknas ir dzīvībai svarīgs orgāns, jo bez tām cilvēks nevar izdzīvot. Tās atindē asinis, jo attīra un pārstrādā indīgās vielas. Alkoholiķi

saslimst ar aknu cirozi, kuru rada nepietiekams uzturs un pārmērīgas alkohola devas, ko aknas nespēj noārdīt.

Dažkārt aknas spēj atjaunoties, ja reģenerācijas procesi notiek intensīvāk par aknu bojāšanos. Ja aknas ir pārstājušas darboties un vairs nespēj sevi atjaunot, jāveic aknu transplantācija. Ir izmēģinātas arī mākslīgās aknas. Viens šādu aknu veids ir kasete, kurā atrodas aknu šūnas. Cilvēka asinis plūst pa celulozes acetāta caurulēm caur šo kaseti tik ilgi, kamēr viņa paša aknas atveseļojas.

Kopsavilkums

8.1. Gremošanas traktu salīdzinājums

Dažiem dzīvniekiem, piemēram, planārijām, ir nepilnīgs gremošanas trakts; tā daļas ir mazdiferencētas. Citiem dzīvniekiem, piemēram, sliekām, ir pilnīgs gremošanas trakts; tā daļas nav specializētas.

Daži dzīvnieki barojas nepārtraukti, piemēram, gliemenes, kas nepārtraukti filtrē barības vielas, citi barojas ar pārtraukumiem, piemēram, kalmāri. Tiem, kuri barojas ar pārtraukumiem, gremošanas traktā ir barības krātuves.

Visiem zīdītājiem ir zobi. Augēdājiem ir tādi zobi, ar kuriem var noplūkt un saberzt augu barību. Augēdāju kuņģī dzīvo baktērijas, kuras sašķeļ augu celulozi.

Plēsīgajiem dzīvniekiem ir tādi zobi, ar kuriem var satvert un saplosīt upuri gabalos. Tā kā gaļa ir vieglāk sagremoājama par zāli, gaļēdājiem gremošanas trakts ir īsāks un mazāk specializēts nekā zālēdājiem.

8.2. Cilvēka gremošanas orgānu sistēma

Cilvēka mutē barība tiek sakošļāta un sajaukta ar siekalu dziedzeru sekrētu. Siekalās ir amilāze, kas sāk šķelt ogļhidrātus.

Pēc tam barība nonāk rīklē un barības vadā. Pateicoties barības vada viļņveida kustībām (peristaltikai), barība nonāk kuņģī. Kuņģis barību uzglabā un sajauc ar gļotām un kuņģa sulu. Enzīms pepsīns kuņģī sāk šķelt proteīnus.

Barības putrīna no kuņģa nonāk divpadsmitpirkstu zarnā. Tur izdalās žults, aizkuņģa dziedzera sula un tievās zarnas sula. Tievajā zarnā esošie enzīmi hidrolizē visu veidu barības vielas. Pārskats par enzīmu lomu gremošanā ir dots 8.2. tabulā.

Gremošanas sulu izdalīšanos regulē trīs hormoni. Gastrīns stimulē kuņģa šūnas, kas izdala skābi un enzīmus. Sekretīns stimulē aizkuņģa dziedzera darbību un atbrīvo vairāk nātrija karbonāta. Holecistokinīns stimulē žults izdalīšanos no žultspūšļa un gremošanas enzīmu veidošanos aizkuņģa dziedzerī.

Aizkuņģa dziedzera sulā ir enzīmi, kuri sašķeļ barības vielas.

Aknas izdala žulti, kas uzkrājas žultspūslī. Aknas piedalās arī absorbēto barības vielu attīrīšanā un glikozes daudzuma regulācijā asinīs. Aknas pārvērš amonjaku par urīnvielu un noārda indes (toksīnus).

Sašķeltās barības vielas tiek absorbētas tievajā zarnā, bet ūdens un sāļi tiek absorbēti resnajā zarnā. Nesagremotās barības atliekas caur anālo atveri tiek izvadītas laukā no organisma.

8.3. Uztura ietekme uz veselību

Sabalansēts uzturs ir nepieciešams veselības saglabāšanai. Uzturs mūs apgādā ar vitamīniem, sāļiem, aminoskābēm, taukskābēm un noteiktu enerģijas daudzumu.

Pārbaudiet sevi

1. Salīdziniet nepilnīgo gremošanas traktu (planārija) ar pilnīgo gremošanas traktu (slieka)! 140. lpp.
2. Salīdziniet nepārtraukto barošanu (gliemenei) ar pārtraukto barošanu (kalmāram)! 141. lpp.
3. Salīdziniet zālēdāja (zirga) gremošanas sistēmu ar plēsēja (lauvas) gremošanas sistēmu! 142. lpp.
4. Uzskaitiet cilvēka gremošanas sistēmas daļas! Raksturojiet to uzbūvi un lomu gremošanā! 143.–147. lpp.
5. Iedomājieties, ka tikko esat apēdis šķiņķmaizi! Raksturojiet, kā tā tiks sagremota! 143.–147. lpp.
6. Aprakstiet, kā sagremotās barības vielas nonāk asinsrites sistēmā! 147. lpp.
7. Kas ir gastrīns, sekretīns un holecistokinīns? Kur tie veidojas? Kādas ir to funkcijas? 148. lpp.
8. Kur atrodas aizkuņģa dziedzeris un aknas? Kādas ir to funkcijas? 148.–149. lpp.
9. Izskaidrojiet, kāpēc pilnvērtīgā uzturā jābūt ogļhidrātiem, taukiem, proteīniem, vitamīniem un sāļiem! 150.–151. lpp.

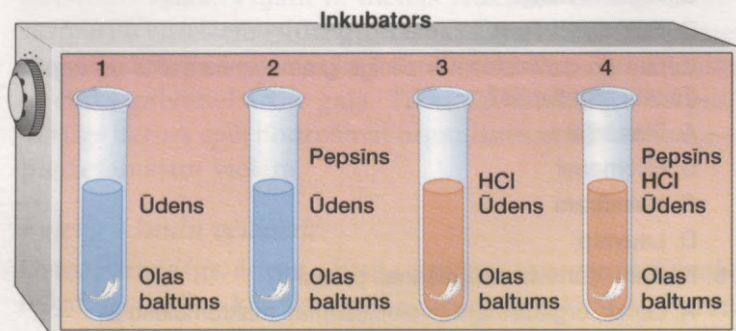
Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

1. Kas raksturīgs dzīvniekiem, kuri barojas ar pārtraukumiem?
 - A. Tiem ir gremošanas sistēma, kurā tiek uzkrātas rezerves
 - B. Tie vienmēr ir filtrētāji
 - C. Tiem gremošana notiek ļoti strauji
 - D. Tiem nav specializētas gremošanas trakta daļas
2. Kura veida dzīvniekiem ir vissarežģītākais gremošanas trakts?
 - A. Tiem, kuriem ir tikai viena atvere gan barības uzņemšanai, gan nesagremoto barības atlieku izvadīšanai
 - B. Tiem, kuriem ir divas atveres. Viena – barības uzņemšanai, otra – izvadīšanai
 - C. Tikai tiem dzīvniekiem, kuriem gremošanas sistēma vienlaikus ir arī elpošanas sistēma
 - D. Pareizās atbildes ir gan B, gan C
3. Kuram cilvēka gremošanas orgānam atbilst zarnas krokas sliekas gremošanas traktā?
 - A. Zobiem mutē

- B. Barības vadam krūškurvī
 - C. Krokām kuņģī
 - D. Bākstīņām tievajā zarnā
4. Kuram no dzīvniekiem ir pilnīgs gremošanas trakts un nepārtraukta barošanās?
 - A. Planārijai
 - B. Gliemenei
 - C. Kalmāram
 - D. Lauvam
 5. Kādi ir uzturvielu sašķelšanas produkti?
 - A. Lielas, organismam nepieciešamas makromolekulas
 - B. Enzīmi, kas nepieciešami gremošanas procesā
 - C. Mazas barības vielu molekulas, kuras ir iespējams absorbēt
 - D. Dažāda veida regulatori hormoni
 6. Kuru vielu ir iespējams absorbēt bez iepriekšējas sagremošanas?
 - A. Glikozi
 - B. Taukus
 - C. Proteīnus
 - D. Aminoskābes
 7. Kura saistība **nav** pareiza?
 - A. Proteīni – tripsīns
 - B. Tauki – lipāze
 - C. Maltoze – pepsīns
 - D. Ciete – amilāze
 8. Caur ko tiek absorbēta lielākā daļa sagremoto barības vielu?
 - A. Caur rīkles zvīņveida epitēliju
 - B. Caur kuņģa vijņotajām sienām
 - C. Caur tievās zarnas pirkstveida izaugumiem
 - D. Caur resnās zarnas gludajām sienām
 9. Kur atrodas aknu vārtu vēna?
 - A. Starp aknu vēnu un dobo vēnu
 - B. Starp muti un kuņģi
 - C. Starp aizkuņģa dziedzeri un tievo zarnu
 - D. Starp tievo zarnu un aknām
 10. Kas ir žults cilvēka organismā?
 - A. Nozīmīgs enzīms, kas nepieciešams tauku sagremošanai
 - B. Žultspūšļa veidota viela
 - C. Viela, kas pārvērš taukus emulsijā
 - D. Visas atbildes ir pareizas
 11. Kura no nosauktajām funkcijām nav pieauguša cilvēka aknu funkcija?
 - A. Veido žulti
 - B. Uzkrāj glikozi
 - C. Veido urīnvielu
 - D. Veido eritrocītus
 12. Kas raksturīgs cilvēka resnajai zarnai?
 - A. Visu veidu barības vielu sagremošana
 - B. Tā ir garākā cilvēka gremošanas trakta daļa
 - C. Ūdens absorbcija
 - D. Tā ir saistīta ar kuņģi

13. Izskaidrojiet, ko varēs novērot katrā mēģenē, kas redzama attēlā!



Papildjautājumi

1. *Visas dzīvnieka orgānu sistēmas piedalās homeostāzes nodrošināšanā*
Nosauciet vairākus veidus, kādos piedalās gremošanas sistēma, lai nodrošinātu homeostāzi!
2. *Organisms ir piemērots pieejamo resursu izmantošanai.*
Dažādi dzīvnieki uzņem un izmanto atšķirīgu barību. Izskaidrojiet šo apgalvojumu, par piemēru izmantojot sienāzi, sliekū, gliemeni vai kalmāru!
3. *Dzīvie organismi ir cits no cita atkarīgi barības vielu un enerģijas iegūšanas ziņā.*
Izskaidrojiet, kādā veidā esat atkarīgi no augiem kā barības vielu un enerģijas ieguves avota!

Multimediju izmantošana

Tēmu par gremošanas orgānu sistēmu palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa
<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. The Dynamic Human Digestive System



CD-ROM disks. Explorations in Human Biology Diet and Weight Loss (#7) AIDS (#13)



Dabaszinātņu videofilmas Video #4: Animal Biology II Peristalsis (#33)

Jēdzienu izpratne

Aizkuņģa dziedzeris amilāze	Rīkle	144. lpp.	
146. lpp.	Siekalu amilāze	143. lpp.	
Aizkuņģa dziedzeris	146. lpp.	Siekalu dziedzeris	143. lpp.
Aknas	146. lpp.	Tievā zarna	145. lpp.
Barības vads	144. lpp.	Traheja	144. lpp.
Divpadsmitpirkstu zarna	145. lpp.	Tripsīns	144. lpp.
145. lpp.	Uzbalsenis	144. lpp.	
Limfas kapilārs	146. lpp.	Vitamīni	150. lpp.
Lipāze	146. lpp.	Zarnu bārkstiņas	146. lpp.
Pepsīns	145. lpp.	Zarnu sula	146. lpp.
Peristaltika	144. lpp.	Žults	146. lpp.
Resnā zarna	149. lpp.	Žultspūslis	146. lpp.

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- A. _____ – nozīmīgas uztura sastāvdaļas, kas nepieciešamas nelielās devās. Bieži vien tās ietilpst koenzīmu sastāvā.
- B. _____ – aizkuņģa dziedzeris izdalīts enzīms, kas šķēļ taukus.
- C. _____ – limfvads, kas ir zarnu bārkstiņā un uzsūc taukus.
- D. _____ – muskuļota caurule, kas palīdz norīto barību nogādāt no rīkles kuņģī.
- E. _____ – ar aknām saistīts orgāns, kas uzkrāj žulti.
- F. _____ – kuņģa dziedzeris izdalīts enzīms, kas šķēļ proteīnus.
- G. _____ – aizkuņģa dziedzeris izdalīts enzīms, kas šķēļ proteīnus.
- H. _____ – ritiskas viļņveida kontrakcijas, kas virza barību pa gremošanas traktu.
- I. _____ – aknu sekrēts, kas uzglabājas un koncentrējas žultspūslī, pēc tam nonāk tievajā zarnā, kur pārvērš taukus emulsijā.
- J. _____ – sīki pirkstveida izaugumi tievās zarnas sienās.

Elpošana

9.

N O D A Ļ A

Nodaļas saturs

9.1. Gāzu maiņa dzīvniekos

- Gāzu maiņa ietver ieelpošanu, ārējo un iekšējo elpošanu un šūnas elpošanu. 156. lpp.
- Vairākumam dzīvnieku organismā ir īpaša vieta, kur notiek gāzu maiņa, piemēram, žaunas ūdensdzīvniekiem un plaušas sauszemes dzīvniekiem. 156. lpp.
- Plaušu ventilācija abiniekiem notiek, pastāvot pozitīvam spiedienam, bet pārējiem mugurkaulniekiem – negatīvam spiedienam. 159. lpp.
- Putniem ir sarežģīta elpošanas orgānu sistēma – tiem ir divkārtā elpošana. 159. lpp.

9.2. Gāzu maiņa cilvēka organismā

- Gaiss pa elpceļiem no deguna (vai mutes) nonāk cilvēka plaušās. 160. lpp.
- Elpošanas biežums tiek regulēts. Tas palielinās, ja plaušām ir nepieciešama intensīvāka gāzu maiņa. 161. lpp.
- Elpošanas pigments hemoglobīns pārnes skābekli no plaušām uz audiem un piedalās arī oglekļa dioksīda transportēšanā no audiem uz plaušām. 163. lpp.

9.3. Elpošanas orgānu sistēmas higiēna

- Elpceļos bieži rodas infekcijas. Smēķēšana veicina divas galvenās plaušu slimības – emfizēmu un plaušu vēzi. 164. lpp.



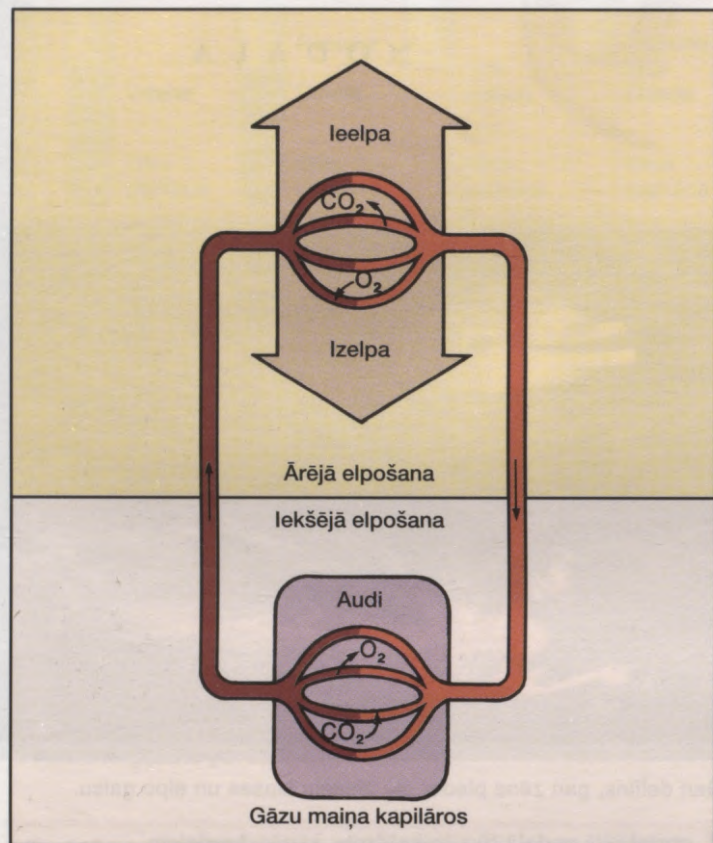
Gan delfins, gan zēns pieder pie zīdītāju klases un elpo gaisu.

Iepriekšējā nodaļā tika izskaidrots, kāpēc daudziem dzīvniekiem ir īpašas barības krātuves, kas ļauj viņiem uzņemt barību un pēc tam to sagremot. Turpretī gaisa krātuvju dzīvniekiem nav, tāpēc skābekļa un oglekļa dioksīda maiņai ar apkārtējo vidi ir jānotiek nepārtraukti.

Daudziem sīkiem ūdensdzīvniekiem gāzu maiņa notiek tiešā veidā – tas ir, starp šūnām un apkārtējo vidi. Ūdenī izšķīdušais skābeklis difūzijas ceļā nonāk šūnās, bet oglekļa dioksīds no šūnām difundē ūdenī. Šiem dzīvniekiem nav speciālu elpošanas orgānu. Citiem ūdensdzīvniekiem ir žaunas – plānsienaini audu veidojumi, kuros ir asinsvadi. Ūdens, kas plūst caur žaunām, piegādā skābekli un aizvada projām oglekļa dioksīdu. Zivis un daži abinieki ir mugurkaulnieki, kas elpo ar žaunām. Vairumam pieaugušo abinieku gāzu maiņu ar apkārtējo vidi nodrošina plaušas un āda. Rāpuļiem, putniem un zīdītājiem gāzu maiņa notiek caur plaušām. Gaiss plaušās nonāk pa trahejām, kas pildītas ar gaisu. Visiem dzīvniekiem, vienalga, vai tie būtu viensūņi, ūdens bezmugurkaulnieki vai zīdītāji, gāzu maiņa notiek difūzijas ceļā.

9.1. Gāzu maiņa dzīvniekos

Gaisa ieelpošana ir tikai pirmais posms elpošanas procesā. Sauszemes mugurkaulnieki elpo šādi.



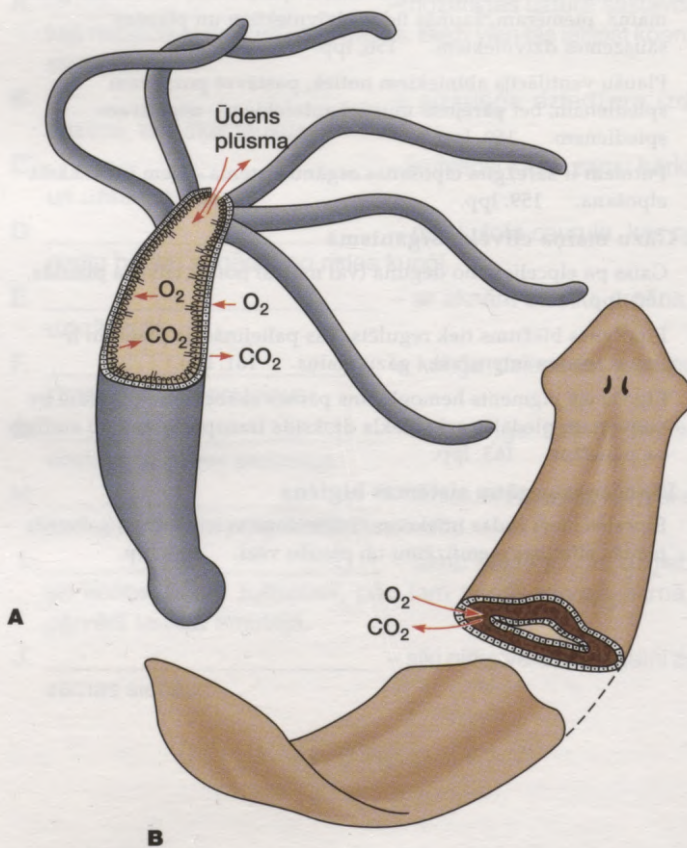
- Ieelpa (gaiss nonāk plaušās) un izelpa (gaiss izplūst no plaušām)
- Ārējā elpošana – gāzu apmaiņa starp gaisu un asinīm
- Iekšējā elpošana – gāzu apmaiņa starp asinīm un audiem
- Aerobā elpošana – ATP (adenozīntrifosfāta) veidošana šūnās

Gāzu maiņa notiek fizikālā procesā, ko sauc par difūziju. Lai gāzu maiņa būtu efektīva, nepieciešams, lai gāzu apmaiņas virsma salīdzinājumā ar ķermeņa virsmu būtu liela, mitra un plāna. Daļa dzīvnieku ir nelieli, un viņu forma ir tāda, ka gāzu maiņa ir iespējama caur visu ķermeņa virsmu. Sarežģītas uzbūves dzīvniekiem ir īpaša virsma, caur kuru notiek gāzu maiņa. Difūzijas efektivitāti palielina gāzu apmaiņas virsmas zarošanās. Skābekļa piegādi šūnām nodrošina asinīs esošie elpošanas pigmenti, piemēram, hemoglobīns.

Elpošana ūdenī

Dzīvniekiem uzņemt skābekli no ūdens ir grūtāk nekā no gaisa. Ja ūdens ir piesātināts ar skābekli, tajā ir tikai neliela daļa no tā skābekļa daudzuma, kāds ir tādā pašā tilpumā gaisa. Ūdens ir blīvāks par gaisu. Tāpēc ūdensdzīvnieki elpošanas procesa nodrošināšanai patērē daudz vairāk enerģijas nekā sauszemes dzīvnieki. Piemēram, zivis elpošanai patērē līdz 25 % enerģijas, bet sauszemes zīdītāji – tikai 1–2 %.

Hidrām un planārijām ir liels ķermeņa virsmas laukums salīdzinājumā ar viņu izmēriem (9.1. att.), līdz ar to lielākā daļa ķermeņa šūnu var saņemt skābekli tieši no apkārtējās vides. Hidrām ārējā šūnu kārtā saskaras ar apkārtējo vidi, bet iekšējā šūnu kārtā saskaras ar ūdeni, kas atrodas gremošanas dobumā. Planārijām gāzu maiņa starp šūnām un apkārtējo vidi notiek tāpēc, ka viņām ir plakans ķermenis.



9.1. attēls. Dzīvnieku ķermeņa forma un gāzu maiņa

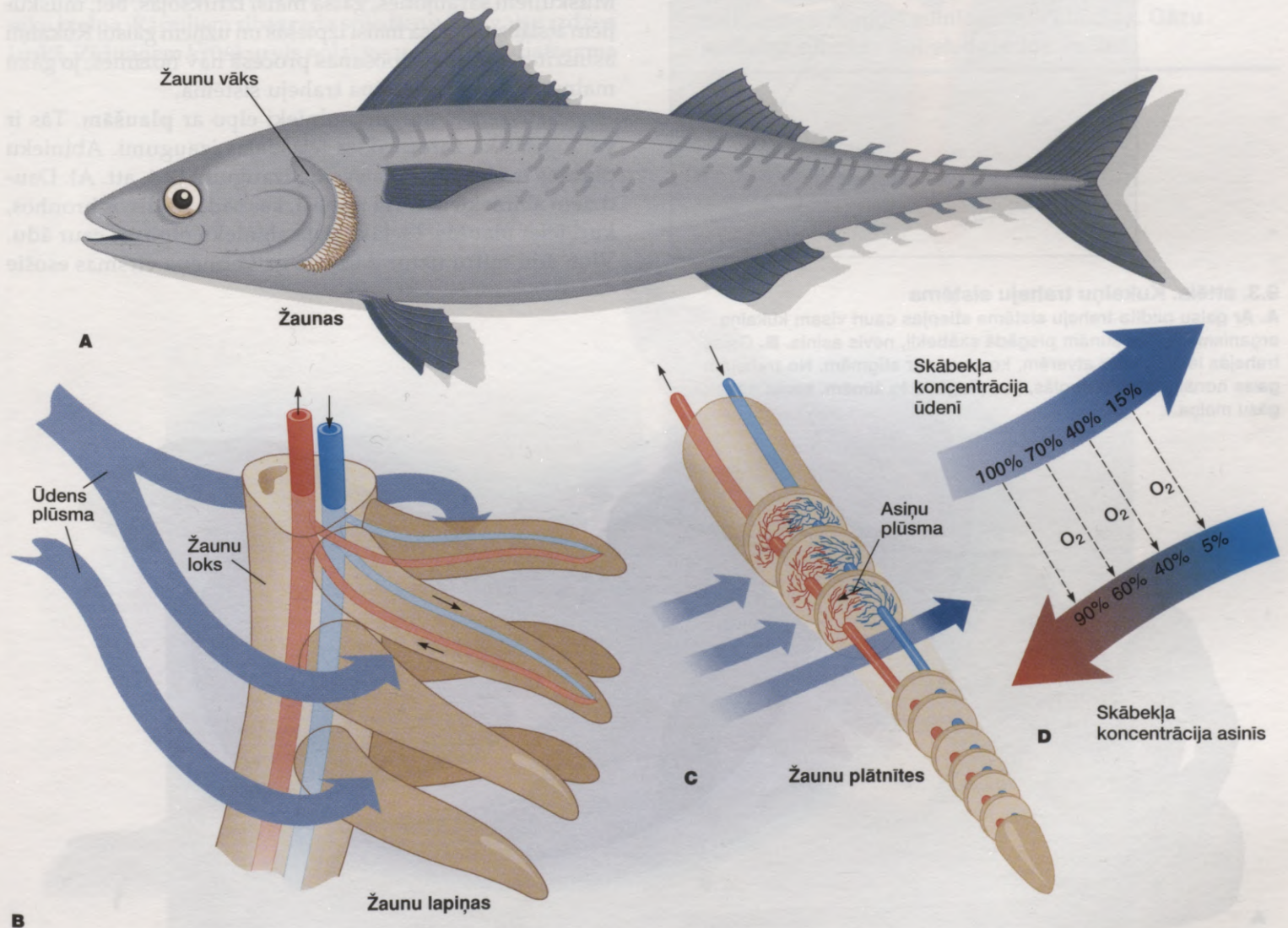
Dažiem sīkiem ūdensdzīvniekiem gāzu maiņa notiek caur visu ķermeņa virsmu. Gāzu maiņa var notikt tāpēc, ka dzīvnieka ķermeņa virsma ir lielāka nekā viņa izmērs. **A.** Hidrām katra šūna atrodas blakus skābekļa avotam. **B.** Plakanais planārijas ķermenis nodrošina gāzu maiņu ar apkārtējo vidi.

Arī cauruļveida ķermeņa forma palielina gāzu apmaiņas virsmu. Posmtāriem polihētām gāzu maiņu nodrošina gan cauruļveida ķermenis, gan papildu izaugumi jeb parapodijas, kurās ir asinsvadi. Bieži vien ūdensdzīvniekiem ir žaunas – sīki sadalīti izaugumi uz ķermeņa ārējās vai iekšējās virsmas. Gliemjiem, piemēram, gliemenēm un daudziem gliemežiem, ūdens ieplūst mantijas dobumā un tur tas virzās caur žaunām. Desmitkāju vēžiem žaunas atrodas krūšu kamerās, ko pārklāj ārējais skelets. Ūdens plūsmu viņi rada ar īpašiem izaugumiem, kas atrodas pie mutes.

Mugurkaulniekiem kaulzivīm žaunas ir rīkles ārējie izaugumi (9.2. att.). Ventilācija notiek, saskaņoti darbojoties mutei un žaunu vākiem. Kad mute ir atvērta, žaunu vāki ir aizvērti un ūdens ieplūst žaunās. Pēc tam mute aizveras, žaunu vāki atveras un ūdens izplūst no rīkles caur žaunu

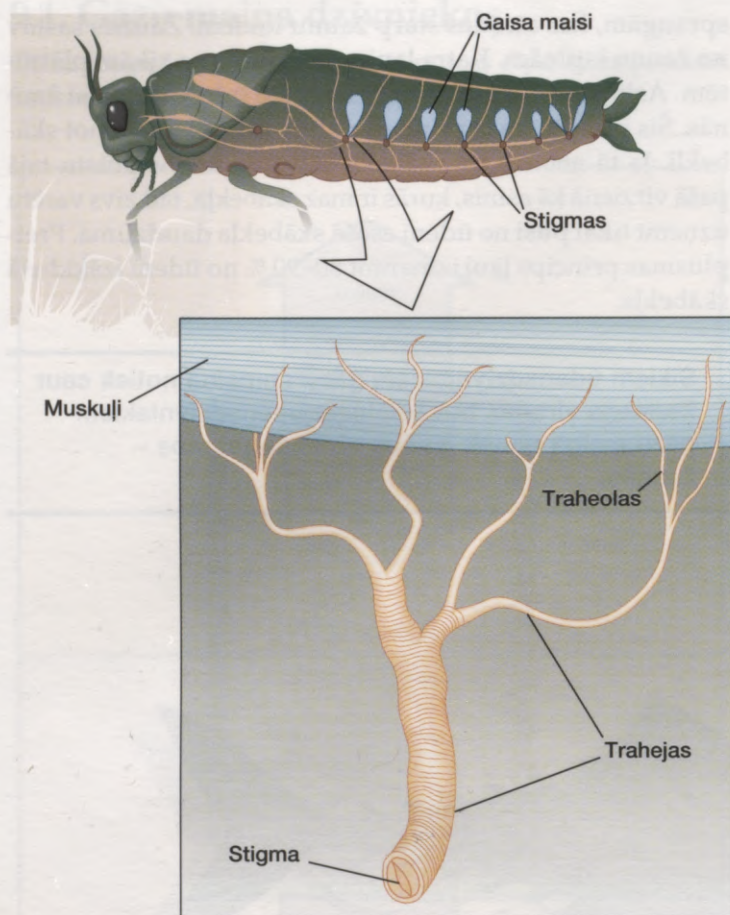
spraugām, kas atrodas starp žaunu lokiem. Žaunas sastāv no žaunu lapiņām. Katra lapiņa ir veidota no sīkām plātnītēm. Asinis žaunu lapiņās plūst pretēji ūdens plūsmai žaunās. Šis pretplūsmas princips palīdz asinīm pievienot skābekli. Ja tā nebūtu un skābekli saturošs ūdens plūstu tajā pašā virzienā kā asinis, kurās ir maz skābekļa, tad zivs varētu uzņemt tikai pusi no ūdenī esošā skābekļa daudzuma. Pretplūsmas princips ļauj izmantot 80–90 % no ūdenī izšķīdušā skābekļa.

Sīkiem ūdensdzīvniekiem gāzu apmaiņa notiek caur ķermeņa virsmu, bet lielākiem ūdensdzīvniekiem gāzu maiņa notiek īpašos virsmas rajonos – žaunās.



9.2. attēls. Kaulzivis žaunu uzbūve

A. Žaunu loks (pacelts uz augšu) pārklāj un aizsargā vairākas žaunu kārtas. **B.** Katrai žaunu kārtai ir divas žaunu lapiņu rindas. **C.** Katrai žaunu lapiņai ir daudzas plānas plātnītes. Gāzu maiņa notiek starp asinsvadu kapilāriem, kuri atrodas plātnītēs, un ūdens plūsmu starp šīm plātnītēm. **D.** Asiņu plūsmas kapilāros ir pretēja ūdens plūsmai žaunās. Pastāvot šim pretplūsmas principam, asinis var uzņemt gandrīz visu ūdenī izšķīdušo skābekli.



9.3. attēls. Kukaiņu traheju sistēma

A. Ar gaisu pildīta traheju sistēma stiepjas cauri visam kukaiņa organismam. Tās šūnām piegādā skābekli, nevis asinis. **B.** Gaisa trahejās iekļūst caur atverēm, ko sauc par stigmām. No trahejām gaisa nonāk sīkās traheolās, kas piegādā to šūnām, kurās notiek gāzu maiņa.

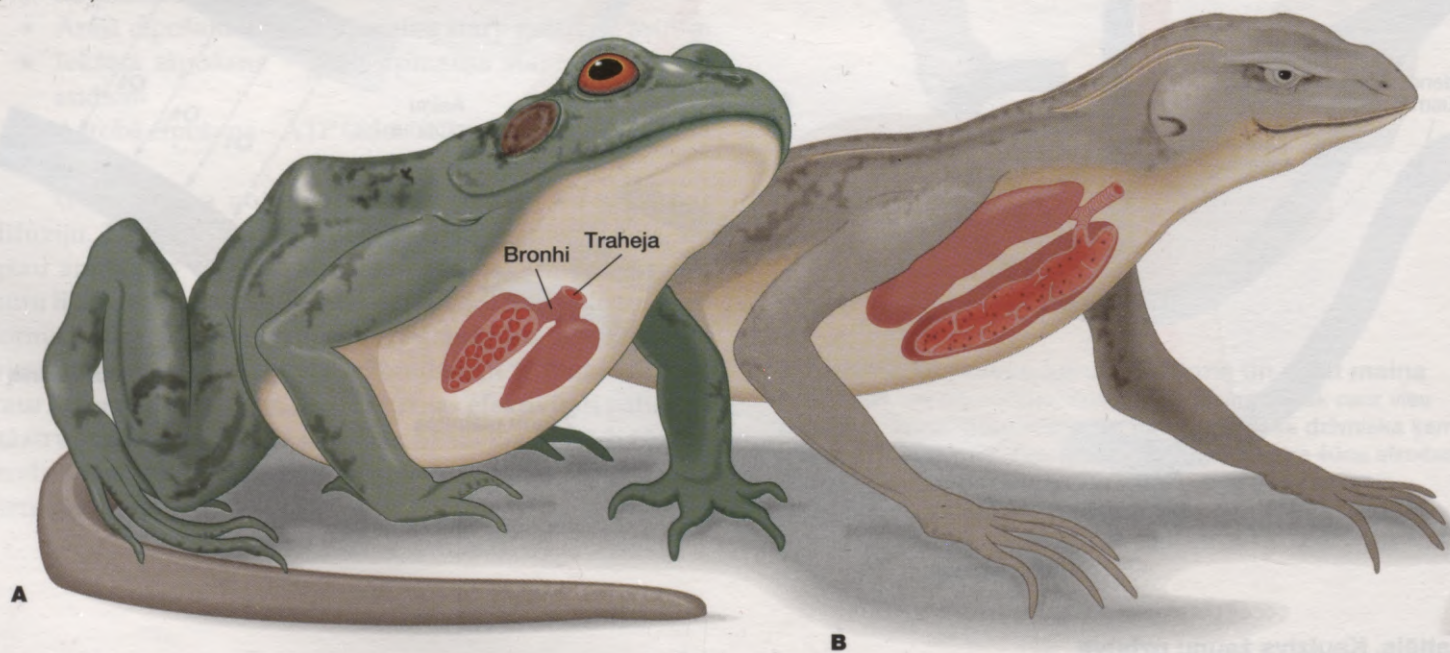
Elpošana uz sauszemes

Gaisā ir daudz vairāk skābekļa nekā ūdenī, bet gaiss žāvē elpošanas virsmas. Ja gaisa mitrums ir 50 %, elpojot cilvēks diennaktī zaudē aptuveni 350 ml ūdens.

Slika ir sauszemes bezmugurkaulnieks, kurš elpo caur visu ķermeņa virsmu. Lai saglabātu mitru sava ķermeņa virsmu, slika patērē daudz enerģijas. Viņa izdala gan gļotas, gan šķidrumu no ekskretoriem porām. Dienu, kad gaiss ir sausāks, dzīvnieks pavada mitrā augsnē.

Kukaiņiem un dažiem citiem sauszemes posmkājiem elpošanu nodrošina traheju sistēma (9.3. att.). Skābeklis trahejās nonāk pa vārstveida atverēm abās ķermeņa pusēs. Šīs atveres sauc par stigmām. Trahejas vairākkārt sazarojas un beidzas ar tieviem kanāliem – traheolām, kuras tieši saskaras ar organisma šūnām. Lielākajiem kukaiņiem ir ventilācijas sistēma, kas uztur gaisa plūsmu trahejās un ārpus tām. Daudziem kukaiņiem blakus muskuļiem ir gaisa maiši. Muskuļiem saraujoties, gaisa maiši iztukšojas, bet, muskuļiem atslābstot, gaisa maiši izplešas un uzņem gaisu. Kukaiņu asinsrites sistēmai elpošanas procesā nav nozīmes, jo gāzu maiņu efektīvi nodrošina traheju sistēma.

Sauszemes mugurkaulnieki elpo ar **plaušām**. Tās ir veidojušās kā zaroti rīkles lejasdaļas izaugumi. Abinieku plaušas ir vienkārši maisveida izaugumi (9.4. att. A). Daudziem abiniekiem ir īsa traheja, kas sadalās divos bronhos, kuri ieiet plaušās. Lielākā daļa abinieku elpo arī caur ādu. Viņu ādu mitru uztur daudzie uz ķermeņa virsmas esošie



9.4. attēls. Abinieku un rāpuļu elpošanas procesa salīdzinājums

A. Abinieki gaisa ieplūšanai mazajās maisveida plaušās izmanto pozitīvu spiedienu. Mitrā un plānā abinieku āda ir gāzu maiņas papildu virsma. **B.** Rāpuļi izmanto negatīvu spiedienu gaisa ieplūšanai plaušās. Rāpuļu plaušas ir vairāk krokotas nekā abinieku plaušas. Šos dzīvniekus no izžūšanas pasargā izturīga zviņaina āda, kuru nevar izmantot elpošanai.

glotu dziedzeri. Mērenā klimata joslā abinieki ziemu pavada, ierakušies dūņās. Tad gāzu maiņa notiek vienīgi caur ādu.

Rāpuļiem plaušu iekšējā virsma ir sīkāk sadalīta nekā abiniekiem (9.4. att. B). Putnu un zīdītāju plaušas ir sadalītas sīkās gaisa ejās un pūslīšos. Ir aprēķināts, ka cilvēka plaušu kopējā virsma vismaz 50 reizes pārsniedz ādas kopējo virsmu. Lai plaušas tiktu pasargātas no izžūšanas, gaiss, kas plūst cauri elpceļiem, tiek samitrināts.

Sauszemes mugurkaulniekiem plaušu ventilācija notiek, ieelpojot un izelpojot gaisu. Vardēm gaiss ieplūst plaušās, izmantojot pozitīvu spiedienu. Kad nāsis cieši noslēdzas, mutes apakšdaļa paceļas uz augšu un ieģrūž gaisu plaušās. Rāpuļi, putni un zīdītāji gaisa ievadīšanai plaušās izmanto negatīvu spiedienu. Zīdītājiem ir **krūškurvis**, kas paceļas uz augšu un izvirzās uz priekšu, un muskuļota **diafragma** (gr. *diaphragma* – šķērssiens), kas saraujas un atslābst. Kad krūšu dobums izplešas, plaušu tilpums palielinās, jo gaiss, pastāvot spiedienu starpībai, ieplūst plaušās. Pēc **ieelpas** seko **izelpa**. Rāpuļiem ribas rada spiedienu, kas gaisu izdzen laukā. Zīdītājiem krūškurvis nolaižas uz leju, bet diafragma

paceļas uz augšu, un spiediens krūšu dobumā palielinās, izspiežot gaisu no plaušām.

Abinieku, rāpuļu un zīdītāju plaušas nekad pilnībā neiztukšojas. Katrā ieelpā tās no jauna piepildās ar gaisu. Ieelpotais gaiss sajaucas ar to gaisu, kas plaušās ir palicis neizelpots. Šāda gaisa apmaiņa palīdz saglabāt plaušās mitrumu, bet vienlaikus arī mazina gāzu maiņas efektivitāti. Lidojoši putni pilnīgāk izmanto ieelpoto gaisu (9.5. att.). Ieelpojot gaiss, kas ir plaušās, nonāk priekšējos gaisa maisos, bet svaigais gaiss caur traheju nonāk plaušās un pakaļējos gaisa maisos. Izelpojot gaisa maisi tiek saspiesti un ar skābekli bagātais gaiss no pakaļējiem maisiem ieplūst plaušās, bet no priekšējiem maisiem izplūst ārā. Šādā veidā ar skābekli bagāts gaiss plaušās nonāk divreiz – ieelpas un izelpas laikā. Tāpēc saka, ka putnam ir divkārtšā elpošana.

Vairumam sauszemes dzīvnieku ir speciāli gāzu apmaiņas rajoni. Kukaiņiem ir traheju sistēma, bet sauszemes mugurkaulniekiem – plaušas. Gāzu apmaiņa plaušās notiek dažādos veidos.



9.5. attēls. Putna elpošanas sistēma

Tā kā putniem ir gaisa maisi, viņiem lidojuma laikā ir divkārtšā elpošana. Ieelpas laikā gaiss nonāk gaisa maisos, bet izelpas laikā tas virzās caur plaušām.

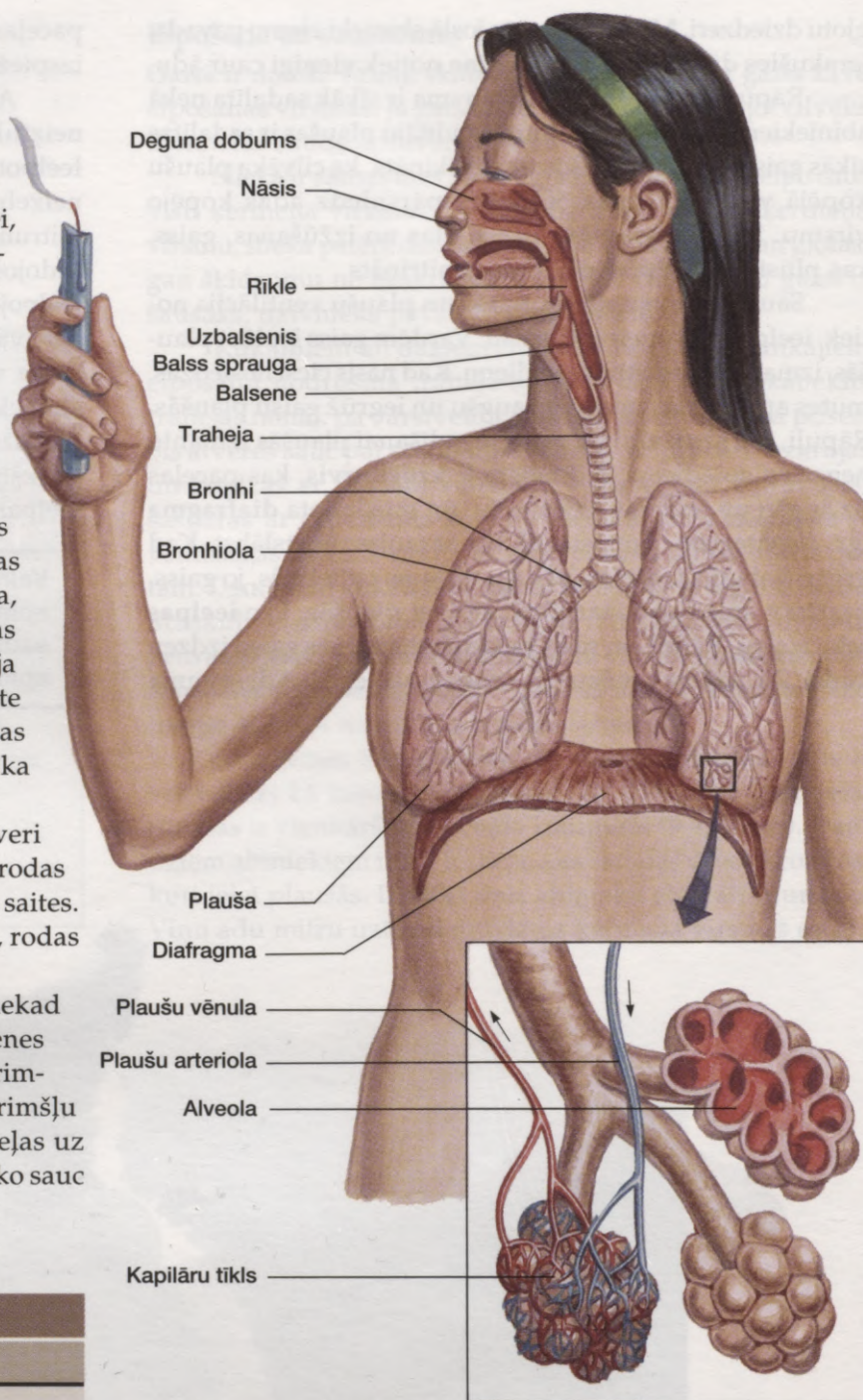
9.2. Gāzu maiņa cilvēka organismā

Cilvēka elpošanas orgānu sistēma sastāv no elpceļiem, pa kuriem gaiss ieplūst plaušās un aizplūst no tām. Plaušās notiek gāzu apmaiņa (9.6. att., 9.1. tab.). Plaušas atrodas dziļi krūšu dobumā un ir pasargātas no izžūšanas. Gaiss, virzoties cauri degunam, rīklei, trahejai un bronhiem uz plaušām, tiek attīrīts no putekļiem, sasildīts un samitrināts. Kad gaiss sasniedz plaušas, tas ir ķermeņa temperatūrā un mitrs. Deguna matiņi un skropstiņas kalpo kā attīrīšanas ierīce. Trahejas un bronhu skropstiņas virza augšup gļotas kopā ar putekļiem un barības daļiņām, kas nejauši "ieskrējušas ne tajā rīklē". Barības daļiņas pēc tam tiek norītas vai izspļautas.

Deguna dobumu no mutes dobuma atdala cietās un mīkstās aukslējas. Gaisa un barības ceļi krustojas rīklē. Lai gan tas šķiet neizdevīgi, jo pastāv iespēja, ka cilvēks var aizrīties, tomēr šādam gaisa un barības ceļu novietojumam ir arī priekšrocības. Gadījumā, ja deguns ir nosprostots, cilvēks var elpot caur muti. Mute palīdz uzņemt lielāku skābekļa daudzumu arī lielas fiziskās slodzes laikā, kad ir nepieciešama intensīvāka gāzu maiņa.

Gaiss no rīkles virzās caur **balss spraugu** – atveri **balsenē**. Balss spraugas sānu gļotainajā membrānā atrodas **balss saites**. Tās ir elastīgas, no saistaudiem veidotas saites. Kad gaiss plūst cauri balsenei, balss saitēm vibrējot, rodas skaņas.

Balsene un **traheja** (lat. *trachia* – gaisa vads) nekad nesaplok un gaisu var uzņemt nepārtraukti. Balsenes sienas notur īpaši skrimšļi. Viens no tiem ir vairogskrimslis jeb ādamābols. Trahejas sienu izklāj daudzi skrimšļu pusgredzeni. Kad cilvēks norij barību, balsene paceļas uz augšu un balss spraugu aizver lapiņveida skrimslis, ko sauc



9.6. attēls. Cilvēka elpceļi

Elpceļi sākas deguna dobumā un beidzas plaušās, kurās ir daudz alveolu maisiņu jeb alveolas. Gāzu maiņa notiek starp gaisu alveolās un asins kapilāru tīklu, kas apņem katru alveolu.

9.1. tabula

Elpceļi

Sastāvdaļa	Funkcija
Deguna dobums	Gaisa attīrīšana, sasildīšana un samitrināšana
Rīkle	Saistīšana ar balseni
Balss sprauga	Ļauj gaisam iet cauri
Balsene	Skaņu veidošana
Traheja (elpvads)	Gaisa virzīšana uz bronhiem
Bronhi	Gaisa virzīšana uz plaušām
Bronhiolas	Gaisa virzīšana uz alveolām
Alveolas	Gāzu maiņas nodrošināšana

par **uzbalseni** (*epiglottis*, gr. *epi* – virs un *glotta* – mēle). Savukārt mīkstās aukslējas pavirzās atpakaļ un noslēdz ieeju deguna dobumā, tā ka barība var nonākt vienīgi barības vadā, kas atrodas blakus balsenei.

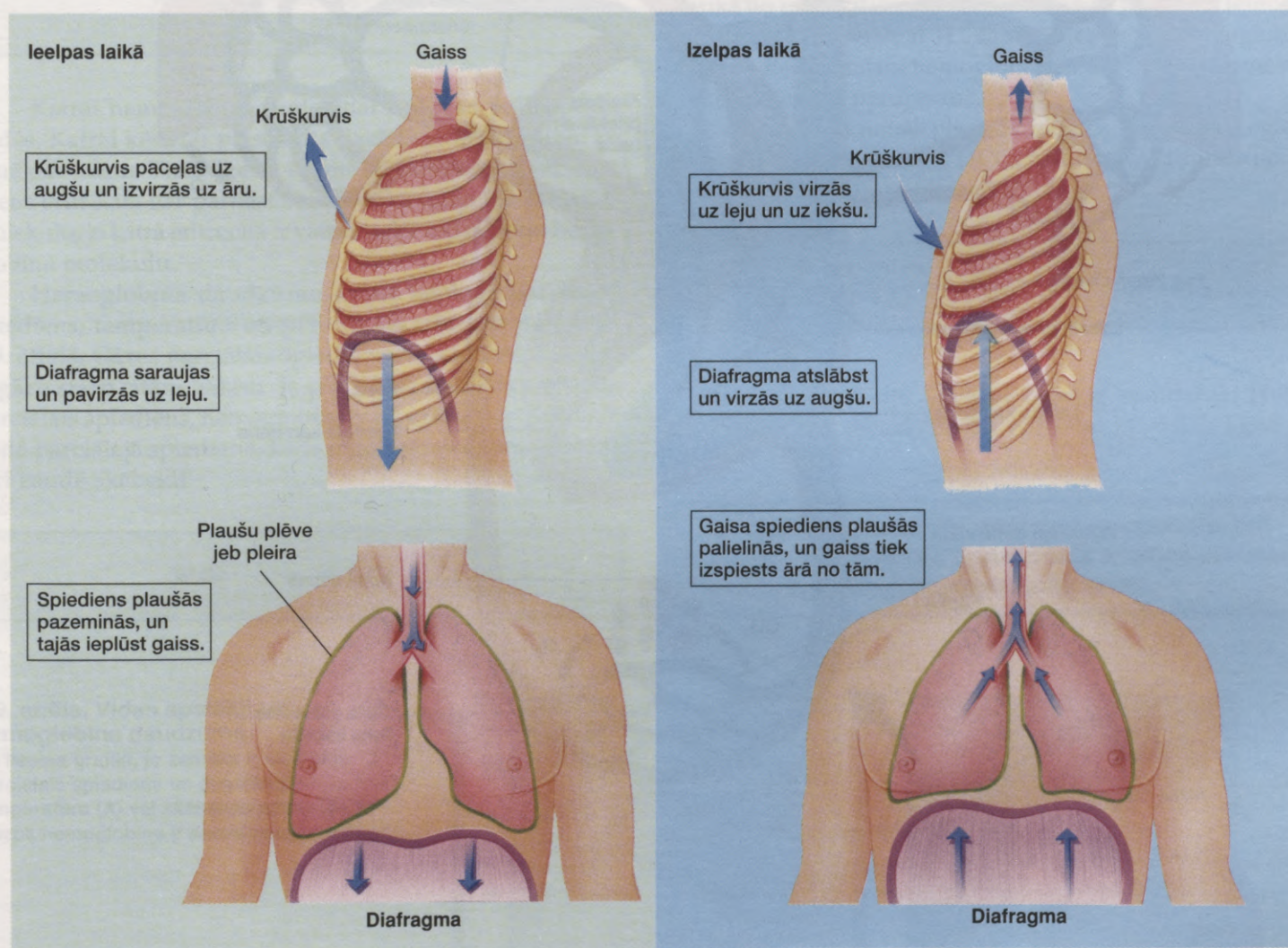
Traheja sadalās divos **bronhos** (gr. *bronchos* – gaisa vads). Tie no jauna zarojas, veidojot daudzas sīkas caurulītes jeb **bronhiolas**. Bronhi pēc savas uzbūves atšķiras no trahejas. Tajos nav skrimšļa gredzenu, un to sienas ir plānākas. Bronhiolas beidzas ar alveolu maisiņiem jeb **alveolām** (lat. *alveolus* – dobums).

Ieelpa un izelpa

Kad cilvēks elpo, krūšu dobuma tilpums palielinās, jo saraujas muskuļi, kuri novirza diafragmu uz leju un paceļ ribas uz augšu (9.7. att.). Rezultātā krūšu dobumā rodas

negatīvs spiediens un gaiss tiek ievilks plaušās. Kad ribstarpu un diafragmas muskuļi atslābst, spiediens krūšu dobumā palielinās un gaiss no plaušām tiek izvadīts laukā.

Elpošanas biežumu stimulē oglekļa dioksīda (CO_2) un ūdeņraža jonu (H^+) koncentrācijas palielināšanās asinīs. Aortas un miega artēriju sienās ir hemoreceptori (ķīmiskie receptori), kas uztver asiņu ķīmiskā sastāva pārmaiņas. Šie receptori ir ļoti jutīgi pret oglekļa dioksīda un ūdeņraža jonu koncentrācijas maiņu, bet tie gandrīz neuztver skābekļa (O_2) koncentrācijas samazināšanos. Informācija no hemoreceptoriem nonāk elpošanas centrā, kas atrodas iegarenajās smadzenēs. Šis centrs paātrina elpošanu, ja oglekļa dioksīda un ūdeņraža jonu koncentrācija ir palielinājusies. Arī pats elpošanas centrs spēj uztvert galvas smadzenēs ieplūstošo asiņu ķīmisko sastāvu.

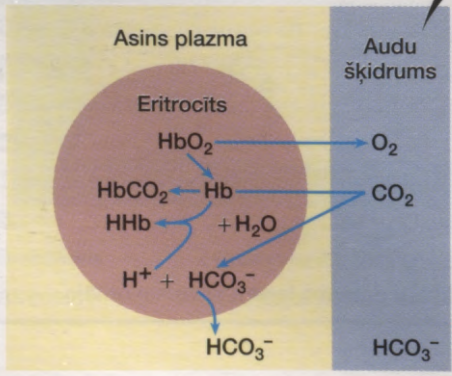
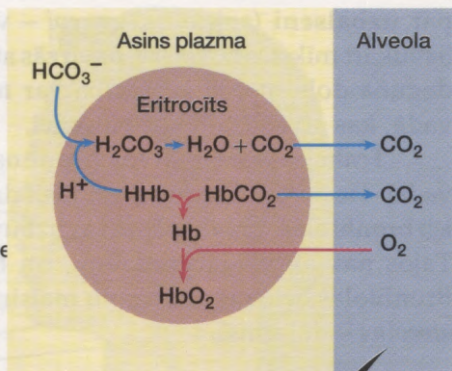
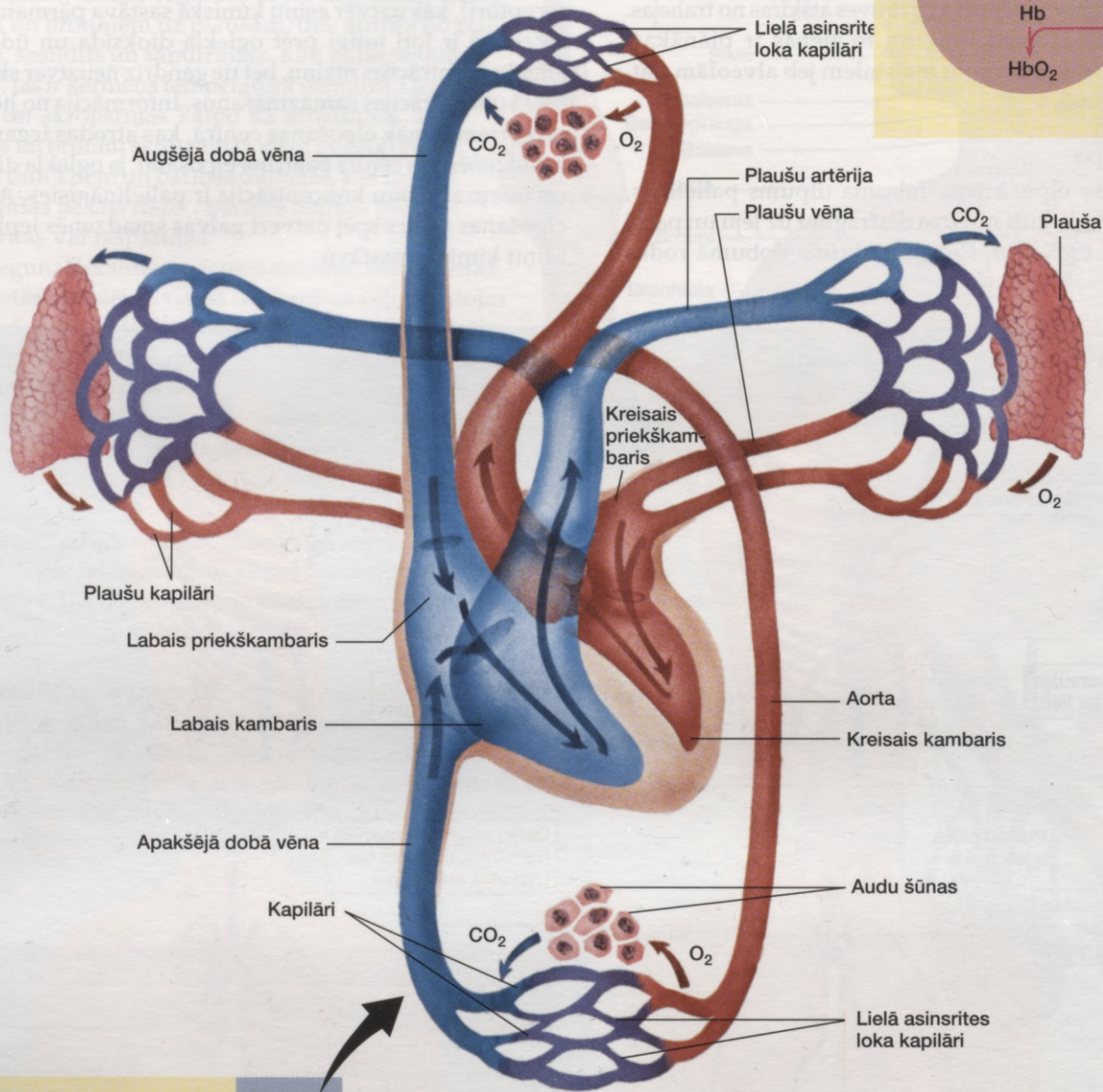


9.7. attēls. Ieelpas un izelpas salīdzinājums

Ieelpas laikā krūšu dobums izplešas, tiek izplestas arī plaušas un gaiss ieplūst tajās. Izelpas laikā krūšu dobums ieņem savu sākotnējo tilpumu, plaušas tiek saspiestas un gaiss izplūst ārā no tām.

9.8. attēls. Ārējā un iekšējā elpošana

Ārējās jeb plaušu elpošanas laikā no asinīm izdalās oglekļa dioksīds (CO₂), bet tajās nonāk skābeklis (O₂). Iekšējās jeb audu elpošanas laikā skābeklis pamet asinis, bet oglekļa dioksīds tajās nonāk. Gāzu maiņa plaušās parādīta attēla augšējā daļā, bet gāzu maiņa audos – attēla apakšējā daļā.

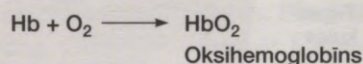


Gāzu maiņa un transports

Gāzu maiņa starp gaisu un asinīm plaušu kapilāros notiek difūzijas ceļā (9.8. att.). Atmosfēras gaisā ir maz oglekļa dioksīda, bet asinis, kas plūst plaušu kapilāros, ir gandrīz piesātinātas ar oglekļa dioksīdu. Tāpēc oglekļa dioksīds difundē laukā no asinīm un nonāk plaušu alveolās. Ar skābekli notiek pretējais process. Asinis, kas ieplūst alveolu kapilāros, satur ļoti maz skābekļa, bet alveolu gaisā ir daudz skābekļa, tāpēc tas difundē kapilāros.

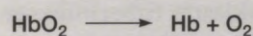
Skābekļa un oglekļa dioksīda transports

Lielākā daļa no asinīs nonākušā skābekļa eritrocītos saistās ar hemoglobīnu (Hb). Eritrocītos **hemoglobīns** (gr. *haima* – asinis un lat. *globus* – bumba) veido oksihemoglobīnu (HbO₂).



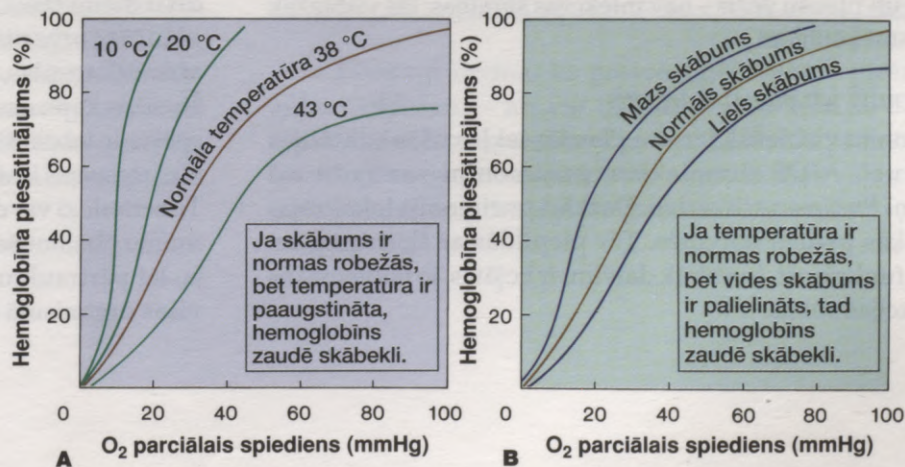
Katrai hemoglobīna molekulai ir četras polipeptīdu ķēdes. Katrai ķēdei ir piesaistīta dzelzi saturoša grupa, ko sauc par hemu. Tieši dzelzs sekmē skābekļa piesaistišanu. Viens eritrocīts var pārnest vairāk nekā miljardu skābekļa molekulu, jo katrā eritrocītā ir vairāk nekā 250 miljonu hemoglobīna molekulu.

Hemoglobīna daudzumu asinīs ietekmē daļēji spiediens, temperatūra un pH. Šīs sakarības ir parādītas 9.9. attēlā. Gāzes daļēji spiediens ir spiediens, ko rada šī gāze starp citām gāzēm. Ja plaušās ir normāls skābekļa daļēji spiediens, hemoglobīns ir piesātināts ar skābekli. Tādā daļēji spiedienā, kāds ir audos, oksihemoglobīns ātri zaudē skābekli.



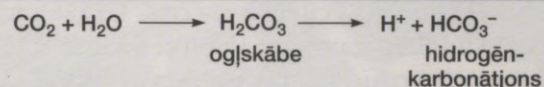
9.9. attēls. Vides apstākļi un hemoglobīna daudzums

Kā liecina grafiki, jo zemāks ir skābekļa daļēji spiediens un augstāka temperatūra (A) vai skābākas asinis (B), jo mazāk hemoglobīns ir piesātināts ar skābekli.



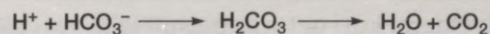
Audos skābekļa atbrīvošanos no hemoglobīna sekmē skābāka vide un augstāka temperatūra nekā plaušās.

Audos neliels hemoglobīna daudzums savienojas ar oglekļa dioksīdu un veido karbaminohemoglobīnu. Vairums CO₂ tiek aiztransportēta HCO₃⁻ veidā. Vispirms CO₂ reaģē ar ūdeni, veidojot ogļskābi, kas disociē par H⁺ un HCO₃⁻.



Šo reakciju ietekmē eritrocītos esošais enzīms oglekļa anhidrāze (gr. *an* – bez un *hydrias* – ūdens). Ūdeņraža jonu atbrīvošanās varētu spēcīgi ietekmēt asiņu pH. Izrādās, ka H⁺ absorbē hemoglobīna globīna daļu, bet HCO₃⁻ difundē laukā no eritrocītiem un to pārnes asins plazma. Hemoglobīnu, kas savienojas ar H⁺, sauc par reducēto hemoglobīnu (HHb). Reducētajam hemoglobīnam ir milzīga nozīme normāla asiņu pH uzturēšanā.

Asinīs, kas nonāk plaušu kapilāros, lielākā daļa oglekļa dioksīda ir asins plazmā HCO₃⁻ veidā. CO₂ difundē no asinīm gāzes veidā.



Arī šo reakciju ietekmē oglekļa anhidrāze. Hemoglobīns atdod piesaistīto un pārnesto H⁺ (HHb kļūst par Hb).

Skābekli pārnes asinīs esošais hemoglobīns, bet oglekļa dioksīds tiek transportēts ar asins plazmas palīdzību hidrogēnkarbonātu veidā.

9.3. Elpošanas orgānu sistēmas higiēna

Cilvēka elpceļi ir izklāti ar siltu, mitru un gļotainu membrānu, kas nepārtraukti saskaras ar ārējās vides gaisu. Ieelpojamā gaisa kvalitāte (piesārņojums, mikrobi) var ietekmēt cilvēka veselību.

Inficēšanās

Mikrobi ceļo no viena cilvēka pie cita. Tikai vienu vienīgu reizi nošķaudoties, gaisā nonāk pilītes, kurās ir miljardiem baktēriju vai vīrusu. Gļotas un nepārtrauktā skropstiņu kustība aizsargā elpceļu membrānas. Ja infekcijas izraisītāju ir ļoti daudz un cilvēkam ir pazeminātas pretestības spējas, var rasties saaukstēšanās slimības vai gripa. Bez tām ir vēl citas slimības ar daudz nopietnākām sekām.

Virusinfekcijas var radīt deguna dobuma iekaisumu (sinusītu), vidusauss iekaisumu (otītu), balsenes iekaisumu (laringītu) un bronhu iekaisumu (bronhītu). Akūts bronhīts (9.10. att.) visbiežāk ir sekundāra bakteriāla infekcija; slimības simptomi: izdalās ļoti daudz gļotu, ir klepus. Akūtu bronhītu parasti ārstē ar antibiotikām. Hronisks bronhīts var arī nebūt saistīts ar infekciju. To bieži rada nepārtraukts bronhu gļotādas kairinājums; gļotādā rodas pārmaiņas, piemēram, izzūd skropstiņas, kas attīra ieelpoto gaisu. Cilvēku visu laiku moka klepus, un viņš vieglāk inficējas ar citām slimībām. Visbiežāk hronisks bronhīts ir smēķētājiem un cilvēkiem, kuri uzturas piesmēķētā vai citādā veidā piesārņotā gaisā.

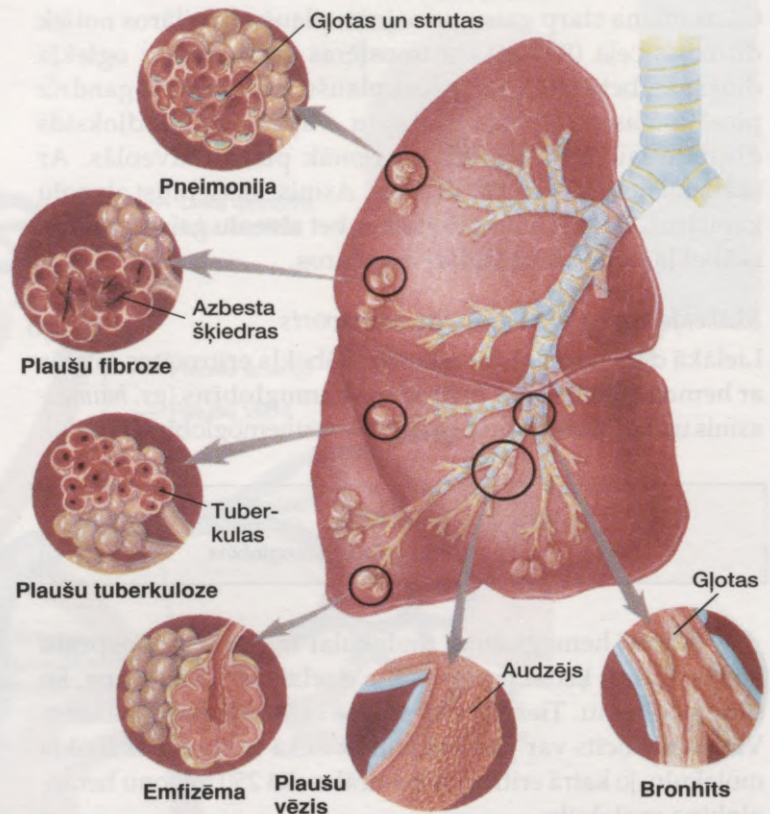
Baktērija *Streptococcus pyogenes* var izraisīt rīklē streptokoku infekciju. Cilvēkam ir drudzis un apgrūtināta barības norīšana. Streptokoku infekciju ārstē ar antibiotikām. Jāatzīmē, ka pret virusinfekcijām antibiotikas nepalīdz. Ja streptokoku infekcijas neārstē, var rasties reimatisms, kas var bojāt sirds vārstus.

Plaušu slimības

Plaušu iekaisums (pneimoniya) jeb plaušu karsonis un plaušu tuberkuloze ir plaušu infekcijas slimības, kuras ārstē, lietojot antibiotikas. Trīs citas slimības – plaušu emfizēma, plaušu fibroze un plaušu vēzis – nav infekcijas slimības; tās visbiežāk rodas smēķētājiem.

Pneimoniya jeb plaušu karsonis

Pneimoniya visbiežāk izraisa plaušās iekļuvušās baktērijas vai vīrusi. AIDS slimniekiem pneimoniya var radīt arī viensūņņ *Pneumocystis carinii*. Dažkārt pneimoniya lokalizējas atsevišķās plaušu daiviņās. Tās piepildās ar šķidrumu un pārstāj funkcionēt. Jo vairāk daiviņu ir bojātas, jo nopietnākas ir infekcijas sekas.



9.10. attēls. Izplatītākās bronhu un plaušu slimības

Attēlā parādītās slimības rada baktērijas, vīrusi un piesārņots gaiss, ieskaitot tabakas dūmus.

Tuberkuloze

Plaušu tuberkulozi izraisa baktērija, ko sauc par tuberkulozes nūjiņu (9.10. att.). Ja cilvēkam ir tuberkuloze, alveolas sairst un to vietā rodas neelastīgi saistaudi. Injicējot zem ādas ļoti atšķaidītu tuberkulozes bacīļu preparātu, ir iespējams noteikt, vai cilvēks ir bijis pakļauts tuberkulozes nūjiņas ietekmei. Cilvēkiem, kuri nekad nav bijuši kontaktā ar tuberkulozes bacīļiem, nav nekādas ādas reakcijas uz šo injekciju. Bet cilvēkiem, kuriem ir izveidojusies imunitāte pret šo baktēriju, divu dienu laikā parādās ādas iekaisums. Ja šie bacīļi nonāk plaušās, organisma šūnas ap šiem svešķermeņiem rada aizsargkapsulas, tādējādi izolējot tos no pārējā organisma. Šīs sīkās kapsulas sauc par tuberkulām. Ja organisma aizsargspējas ir labas, šie "ieslodzītie" mikroorganismi iet bojā. Ja aizsargspējas ir sliktas, baktērijas no kapsulas var atbrīvoties. Tuberkulozi var diagnosticēt, veicot krūškurvja rentgenuzņēmumu. Saslimušajam nekavējoties ir nepieciešama zāļu terapija, lai pārtrauktu slimības tālāko izplatīšanos un iznīcinātu visas organismā esošās baktērijas.

Līdz 20. gadsimta vidum tuberkuloze ik gadus nonāvēja ļoti daudz cilvēku. Līdz ar antibiotiku atklāšanu slimnieku skaitu izdevās strauji samazināt. Pēdējā laikā Latvijā atkal ievērojami palielinājies tuberkulozes slimnieku skaits. Slimības izplatīšanos veicinājuši gan sociāli ekonomiskie apstākļi, gan bezmaksas obligāto medicīnisko profilaktisko apskāšu atcelšana. Pasaulē AIDS slimnieku vidū pieaug saslimstība ar tuberkulozi. Situāciju pasliktina arī tas, ka rodas jauni baktēriju celmi, kuri ir izturīgi (rezistenti) pret medicīnas praksē izmantotajām antibiotikām.

Emfizēma

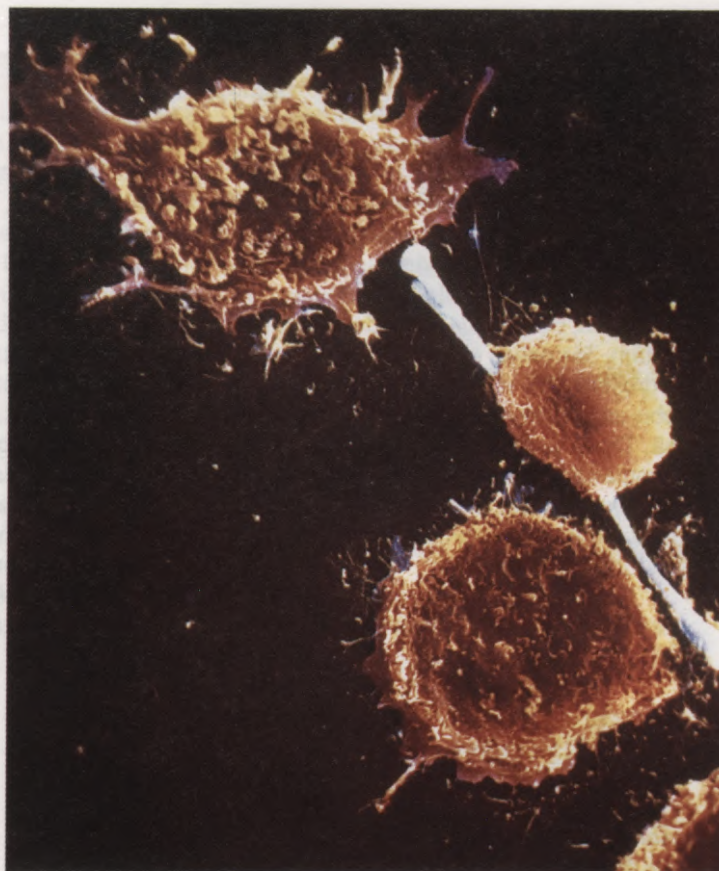
Emfizēma (9.10. att.) ir plaušu audu sabrukšana. Tā ir saistīta ar plaušu piepūšanos, ko rada tajās iesprostotais gaiss. Slimība sākas ar bronhiolu bojājumiem un sabrukšanu. Līdz ar to alveolas vairs nesaņem svaigu gaisu. Alveolās iespundētais gaiss bieži izraisa to pārplīšanu. Plaušas kļūst neelasīgas, ir grūti elpot. Cilvēkam var būt klepus. Tā kā gāzu maiņas virsma ir samazināta, sirds un smadzenes saņem mazāk skābekļa, nekā tām ir nepieciešams. Sirds strādā pātrināti, lai izgrūstu vairāk asiņu plaušās. Tā rezultātā var rasties sirds slimības. Cilvēku moka depresija, viņš ir viegli uzbudināms.

Plaušu fibroze

Dažādu svešķermeņu, piemēram, smilšu daļiņu, akmeņogļu pelnu vai azbesta šķiedru ieelpošana var radīt plaušu fibrozi (9.10. un 9.11. att.). Plaušas sāk aizpildīt šķiedrainie saistaudi. Tā kā pasliktinās elpošanas apstākļi, bieži vien rodas plaušu vēzis. Tas, ka agrāk azbestu plaši izmantoja par siltumizolācijas un nedegošu materiālu, ir radījis daudzu cilvēku saslimšanu. Ir aprēķināts, ka azbesta lietošana vien ir radījusi vairāku miljonu cilvēku bojāeju.

Plaušu vēzis

Agrāk plaušu vēzis (9.10. att.) bija plašāk izplatīts vīriešu nekā sievietu vidū, bet pēdējā laikā strauji pieaudzis slimojošo sieviešu skaits. Tas izskaidrojams ar to, ka aizvien vairāk sieviešu smēķē. Vispirms bronhu šūnas kļūst biežākas un uztūkst. Tās zaudē skropstiņas un vairs nespēj pasargāt plaušas no putekļu un svešķermeņu iekļūšanās tajās. Pēc tam sāk parādīties šūnas ar netipiskiem kodoliem. No šīm šūnām attīstās audzējs. Sākumā vēzis ir norobežots kādā noteiktā vietā. Pēc kāda laika daļa šūnu atdalās no audzēja un iespiežas citos audos. Tad saka, ka vēzis veido metastāzes un izplatās organismā.



9.11. attēls. Azbesta šķiedras

Pētot elektronmikroskopā tāda cilvēka makrofāģus, kurš ilgāku laiku ir saskāries ar azbestu, plaušu audos var atklāt azbesta šķiedras, kuras ir pārklātas ar dzelzi, plazmas proteīniem un citām vielām.

Audzējs var palielināties tik ilgi, līdz nosprosto bronhus un plaušas vairs nevar saņemt gaisu. Bojātā plauša sabrūk, tajā esošajos sekrētos rodas infekcija. Attīstās pneimonija vai plaušu abscess (strutaini rajoni plaušās). Vienīgā ārstniecības metode ir bojātā plaušu rajona izgriešana.

Ar plaušu vēzi smēķētāji saslimst 20 reizes biežāk nekā nesmēķētāji.

Pētījumi liecina, ka pasīvā smēķēšana – piesmēķēta gaisa ieelpošana – arī var izraisīt plaušu vēzi un daudzas citas ar smēķēšanu saistītas slimības. Ja cilvēks pārtrauc smēķēt, kamēr organismā audos vēl nav attīstīties vēzis, bojātie audi parasti ar laiku atjaunojas.

Pārskats

Gan cilvēka gremošanas sistēmai, gan elpošanas sistēmai ir tieša saskare ar apkārtējo vidi. Plaušas ir veidotas no aptuveni 300 miljoniem plaušu alveolu. Katrai alveolai ir kontakts ar 1800 asins kapilāriem. Plaušas ir pielāgotas gāzu maiņas nodrošināšanai. Tās ļauj skābeklim iekļūt asinīs, bet oglekļa dioksīdam – izplūst no tām. Tās pašas elpceļu īpašības, kuras nodrošina gāzu maiņu, sekmē kaitīgu mikrobu un svešķermeņu iekļūšanu organismā. Tāpēc visā elpošanas sistēmā ir aizsargmehānismi, kas mikrobu iekļūšanu organismā cenšas ierobežot. Elpceļos ir ļoti daudz limfmezglu, kuros veidojas leukocīti, kas cīnās ar infekcijām.

Cilvēka organismam nav aizsargmehānismu pret kaitīgu ķīmisko vielu iekļū-

šanu caur alveolu sienām. Ieelpojot piesārņotu gaisu, var rasties elpceļu bojājumi, galvassāpes, nespēks. Postošas sekas var būt smogam, kas pārklāj pilsētu kā smacīga, silta sega. Piemēram, 1966. gadā Ņujorkā ~ 168 cilvēki gāja bojā no gaisa piesārņojuma, kas klāja pilsētu vairākas dienas. Līdzīgi gadījumi ir bijuši arī Londonā un citās lielās pilsētās. Viens no gaisa piesārņotājiem, kas izraisa nāvi, ir oglekļa monoksīds jeb tvana gāze (CO). Tā rodas, nepilnīgi sadegot dabasgāzei, benzīnam vai kādam citam kurināmajam. Tā kā šī gāze ir bezkrāsaina un bez smakas, cilvēki sākumā to nemaz nepamana. Kad asinsritē nonāk CO, tā saistās ar hemoglobīnā esošo dzelzi 200 reizes intensīvāk nekā skābeklis. Līdz ar to tiek

traucēta skābekļa piegāde mitohondrijiem. Tie nevar pilnvērtīgi funkcionēt, un cilvēkam var iestāties nāve. Viena no pirmajām saindēšanās pazīmēm ar CO ir koši sārta āda, īpaši vaigu apvidū. Tas ir tāpēc, ka hemoglobīns, kas saistījies ar oglekļa monoksīdu, ir sārta krāsā nekā hemoglobīns, kas ir saistīts ar skābekli. Tā kā oglekļa monoksīds un hemoglobīns veido noturīgu savienojumu, cietušā nogādāšana prom no gāzes avota vien nepalīdzēs. Cietušajam jāveic asins pārliešana un jāelpo skābeklis. Neraugoties uz mūsdienu medicīnas sasniegumiem, ik gadu daudz cilvēku iet bojā, saindējoties ar CO.

Izšķir ārējo un iekšējo elpošanu (gāzu maiņa plaušās un audos) un aerobo elpošanu.

Kopsavilkums

9.1. Gāzu maiņa dzīvniekos

Dažiem ūdensdzīvniekiem, piemēram, hidrām un planārijām, gāzu maiņa notiek caur ķermeņa virsmu.

Lielākajai daļai dzīvnieku ir īpaši organisma rajoni, kuros notiek gāzu maiņa. Vairumam ūdensdzīvnieku elpošanai kalpo žaunas. Uz sauszemes kukaiņi elpo ar traheju sistēmas palīdzību, bet mugurkaulnieki – ar plaušām.

Plaušas atrodas dziļi organisma iekšienē. Tas mazina ūdens zudumus. Daži dzīvnieki (piemēram, vārdes) elpošanai izmanto pozitīvo spiedienu, bet vairums dzīvnieku, lai iesūknētu gaisu plaušās, izmanto muskuļu darbības rezultātā radīto negatīvo spiedienu. Kad elpošanas muskuļi atslābst, gaiss tiek izelpots.

Putniem ir daudzi gaisa maiši, kas lidojot nodrošina divkārtšo elpošanu. Plaušās notiek asiņu bagātināšanās ar skābekli gan ieelpas, gan izelpas laikā.

9.2. Gāzu maiņa cilvēka organismā

Cilvēka elpošanas sistēmas sastāvdaļas apskatītas 9.1. tabulā.

Cilvēks elpo tāpat kā visi citi zīdītāji, izmantojot negatīvo spiedienu. Ieelpas laikā krūškurvis paceļas uz augšu un izvēršas uz āru, bet diafragma pavirzās uz leju. Plaušas tiek izplestas, un gaiss ieplūst tajās.

Izelpas laikā krūškurvis noslīd uz leju, bet diafragma atslābst un paceļas uz augšu. Gaiss tiek izvadīts ārā no plaušām.

Elpošanas biežums ir atkarīgs no oglekļa dioksīda daudzuma asinīs. CO₂ daudzumu asinīs uztver aortas un miega artēriju hemoreceptori.

Gāzu maiņa plaušās un audos notiek uz difūzijas pamata. Hemoglobīns saista un transportē asinīs skābekli. Oglekļa dioksīdu transportē galvenokārt asins plazma hidrogēnkarbonātajonu veidā. Šo jonu veidošanos veicina eritrocītos esošais enzīms oglekļa anhidrāze.

9.3. Elpošanas orgānu sistēmas higiēna

Elpceļos bieži veidojas infekcijas. Divas plaušu slimības – emfizēma un plaušu vēzis – parasti ir smēķēšanas sekas.

Pārbaudiet sevi

1. Salīdziniet ūdensdzīvnieku un sauszemes dzīvnieku elpošanas sistēmas! 156.–159. lpp.
2. Kāds labums zivij ir no tā, ka asiņu plūsma žaunu kapilāros ir pretēja ūdens plūsmai caur žaunām? 157. lpp.
3. Kāpēc kukaiņu asinsrites sistēma nepiedalās gāzu pārveidāšanā? Kāpēc sliekas ķermeņa virsmai vienmēr jābūt mitrai? 158. lpp.
4. Izskaidrojiet frāzi “elpošana ar negatīva spiediena palīdzību!” 159. lpp.
5. Salīdziniet cilvēka elpošanu ar putna elpošanu! 159. lpp.
6. Nosauciet cilvēka elpošanas sistēmas orgānus un miniet to funkcijas! 160. lpp.
7. Kuras gāzes koncentrācija asinīs ietekmē elpošanas biežumu? Izskaidrojiet, kā tas notiek! 161.–163. lpp.
8. Kuru 9.10. attēlā minēto slimību cēlonis ir infekcija? Kuru slimību cēlonis ir cilvēka rīcība vai vides faktori? Kāpēc? 164.–165. lpp.

Papildjautājumi

- Dzīvnieku organismu homeostāzes nodrošināšanā piedalās visas orgānu sistēmas.*
Raksturojiet divus veidus, kādos elpošanas orgānu sistēma piedalās homeostāzes nodrošināšanā!
- Organismiem ir noteiktas robežvirsmas, caur kurām notiek vielu apmaiņa ar apkārtējo vidi.*
Salīdziniet, kas ir kopīgs un kas – atšķirīgs žaunām un plaušām kā robežvirsmām ar apkārtējo vidi!
- Orgānu uzbūve atbilst to funkcijām.*
Kādā veidā plaušu uzbūve atbilst to veicamajām funkcijām?

Multimediju izmantošana

Tēmu par elpošanas orgānu sistēmu palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. The Dynamic Human

Respiratory System



CD-ROM disks. Explorations in Human Biology

Life Span and Lifestyle (#3)
Smoking and Cancer (#6)

Jēdzienu izpratne

Alveolas 160. lpp.	leelpa 159. lpp.
Balsene 160. lpp.	Izelpa 159. lpp.
Balss saite 160. lpp.	Krūšu dobums 159. lpp.
Balss sprauga 160. lpp.	Krūškurvis 159. lpp.
Bronhi 161. lpp.	Ogļskābes anhidrāze 163. lpp.
Bronhiolas 161. lpp.	Plaušas 158. lpp.
Diafragma 159. lpp.	Rīkle 160. lpp.
Hemoglobīns 163. lpp.	Traheja 160. lpp.
Hidrogēncarbonāts 163. lpp.	Uzbalsenis 160. lpp.
	Žaunas 157. lpp.

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- _____ – starp muti un barības vadu esošs vads, pa kuru virzās gan barība, gan gaiss.
- _____ – kupolveida muskuļota loksne, kas zīdītājiem atdala krūšu dobumu no vēdera dobuma.
- _____ – audu kroka balsenē, kas vibrējot rada skaņas.
- _____ – veids, kādā lielākā daļa oglekļa dioksīda tiek transportēta asinīs.
- _____ – organisma iekšējā telpa, kas daļai dzīvnieku apņem plaušas un pasargā tās no izžūšanas.
- _____ – elpceļu daļa, kurā atrodas balss saites.
- _____ – dzelzi saturošs elpošanas pigments, kas mugurkaulniekiem ir eritrocītos, bet daudziem bezmugurkaulniekiem – asins plazmā.
- _____ – elpošanas orgāns, kas ir vairumam ūdensdzīvnieku. Zivīm tas ir no rīkles uz āru vērstis izaugums.
- _____ – elpošanas procesa stadija, kurā gaiss tiek izvadīts laukā no plaušām.
- _____ – mikroskopiski mugurkaulnieku plaušu gala izaugumi, kas veido vīnogām līdzīgus gaisa maisus.

Osmotiskā spiediena regulācija un vielu izvadīšana

10.

NODAĻA

Nodaļas saturs

10.1. Osmotiskā spiediena regulācija

- Osmotiskā spiediena regulācijas mehānisms ir atkarīgs no vides, kurā organisms dzīvo. 170. lpp.

10.2. Slāpekli saturošie atkritumprodukti

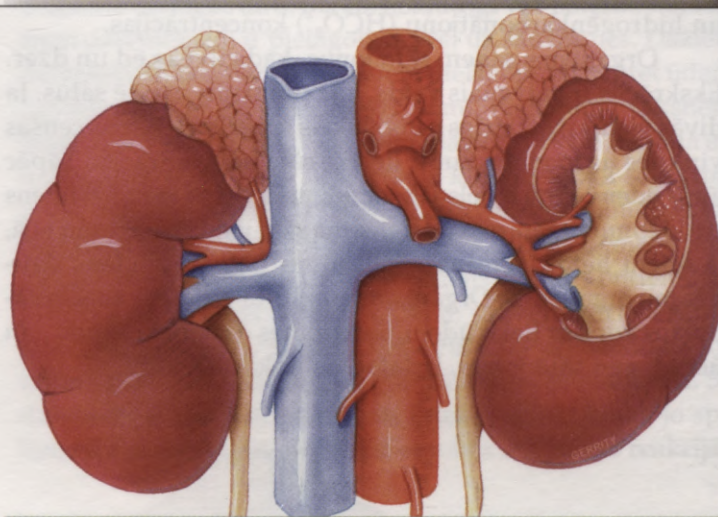
- Slāpekli saturošie atkritumprodukti ir dažādi, tāpat kā dažāds ir nepieciešamais ūdens un enerģijas daudzums to izvadīšanai. 172. lpp.

10.3. Izvadorgāni

- Sarežģītas uzbūves dzīvniekiem ir izvadorgāni, kas regulē osmotisko spiedienu organismā un atbrīvo organismu no vielmaiņas galaproduktiem. 173. lpp.

10.4. Cilvēka izvadorgānu sistēma

- Cilvēka urīnizvadsistēmā ietilpst orgāni, kuri veido, uzkrāj un izvada urīnu no organisma. 174. lpp.
- Orgānu darbība ir atkarīga no to mikroskopiskās uzbūves. Cilvēka nierēs esošie nefroni veido urīnu. 174. lpp.
- Līdzīgi citiem organismā notiekošiem fizioloģiskiem procesiem, arī urīna veidošanās ir daudzpakāpju process. 176. lpp.
- Nieres ir dzīvībai svarīgi orgāni, un to darbības traucējumi var izraisīt saslimšanu vai pat nāvi. 176. lpp.
- Cilvēka nieres ne tikai izvada no organisma vielmaiņas galaproduktus un regulē osmotisko spiedienu, bet arī regulē asiņu pH. 179. lpp.



Cilvēka nieres un to asinsvadi

Izvadorgānu sistēmai ir tikpat būtiska loma homeostāzes nodrošināšanā kā gremošanas orgānu sistēmai un elpošanas orgānu sistēmai. Izvadorgānu sistēma organismā šķidrumos regulē ūdens-sāļu līdzsvaru. Ja iekšējos šķidrumos sāļu koncentrācija neatbilst normai, dzīvnieki vai nu zaudē šķidrumu, vai uzņem to no apkārtējās vides.

Ūdens-sāļu līdzsvara nodrošināšana organismā vairumam dzīvnieku ir cieši saistīta ar vielmaiņas galaproduktu izvadīšanu. Šūnas izvada atkritumvielas ap tām esošajā šķidrumā, bet organisms tās izvada apkārtējā vidē. Par urīnu sauc slāpekļa atkritumvielu saturošu šķidrumu, ko izdala nieres vai kāda cita veida izvadorgāni.

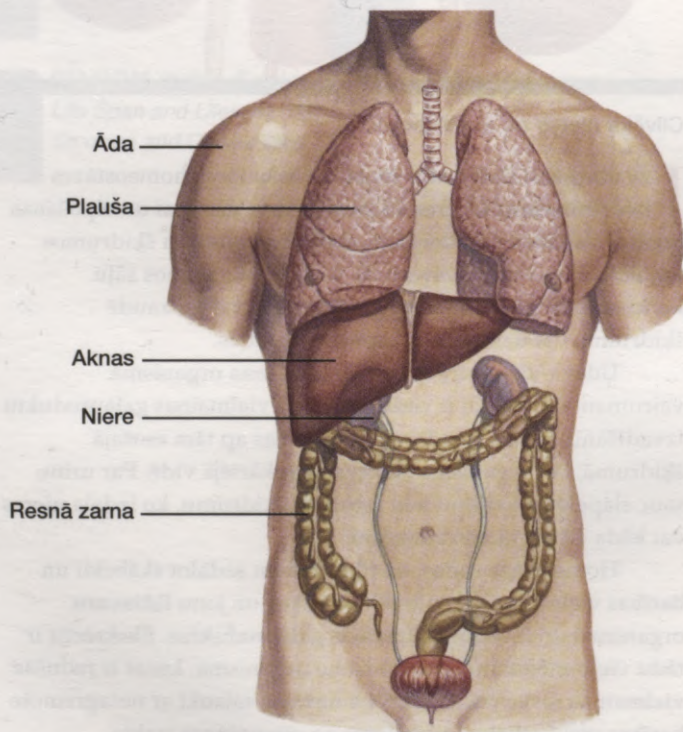
Homeostāze rodas, ne tikai šūnām sadalot skābekli un barības vielas, bet arī nodrošinot ūdens un jonu līdzsvaru organismā un izvadot vielmaiņas galaproduktus. Ekskrēcija ir tādu vielu molekulu izvadīšana no organisma, kuras ir radušās vielmaiņas reakcijās. Ekskrēciju nevajag sajaukt ar nesagremotu barības vielu atlieku izvadīšanu no gremošanas trakta.

10.1. Osmotiskā spiediena regulācija

Organisma šķidrumos osmotiskā spiediena regulācija nodrošina normālu ūdens un sāļu līdzsvaru. Daudzu dzīvnieku organismos ūdens rodas metabolisma (vielmaiņas) laikā, piemēram, aerobās elpošanas laikā. Ūdeni uzņem arī kopā ar barību vai atsevišķi. No organisma ūdens izdalās, iztvaikojot caur ādu, elpojot, kopā ar fekālijām un ekskrecijas ceļā no nierēm (10.1. att.). Līdzsvars pastāv tad, ja uzņemtā ūdens daudzums ir tāds pats kā izdalītā ūdens daudzums.

Ķermeņa šķidrumu osmotiskais spiediens ir atkarīgs no sāļu jonu, piemēram, nātrija jonu (Na^+), hlorīdjonu (Cl^-) un hidrogēnkarbonātionu (HCO_3^+) koncentrācijas.

Organisms saņem sāļu jonus, kad cilvēks ēd un dzer. Ekskrēcija ir galvenais veids, kā organisms zaudē sāļus. Ja divās vietās ir atšķirīgs osmotiskais spiediens, ūdens cenšas virzīties uz to vietu, kur ir lielāka sāļu koncentrācija. Tāpēc jūras ūdens, kurā ir liels sāļu daudzums, tiecas mazināt ūdens daudzumu organismā un palielina sāļu jonu daudzumu tajā, ja ūdeni lieto dzeršanai. Saldūdens palielina ūdens daudzumu organismā. Organisms viegli var zaudēt jonus, izvadot tos kopā ar lieko ūdeni. Sauszemes dzīvnieki zaudē gan ūdeni, gan sāļu jonus, izdalot tos apkārtējā vidē.



A

10.1. attēls. Osmotiskā spiediena regulācija cilvēka organismā

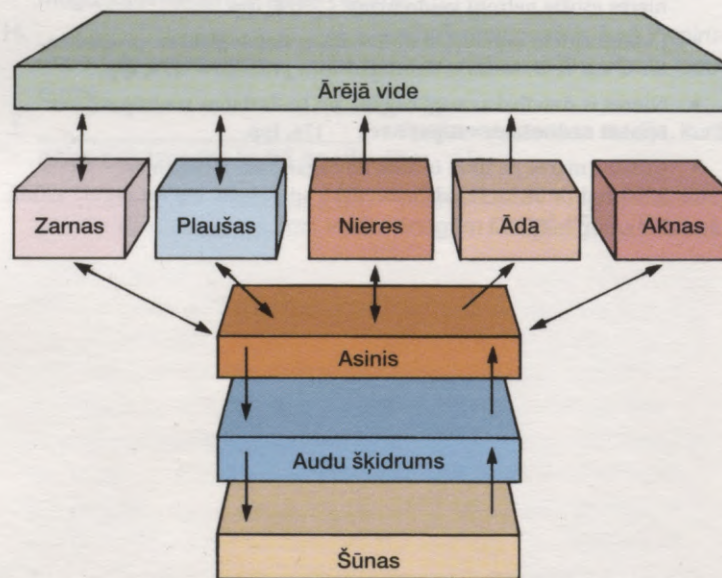
A. Ārējā vide ap šūnām (asinis un audu šķidrums) cilvēka un dzīvnieku organismā ir relatīvi pastāvīga, tāpēc ka asinis nodrošina vielu apmaiņu starp orgāniem. **B.** Šķidrums un sāļi no zarnām nonāk asinīs un pēc tam audu šķidrumā. Ūdens un sāļu joni tiek izvadīti caur plaušām, ādu un nierēm. Daži no šiem orgāniem ir iesaistīti ekskrecijā. Plaušas izvada oglekļa dioksīdu, bet aknas veido urīnvielu, ko izvada nieres. Urīnviela ir arī sviedros.

Ūdensdzīvnieki

Tikai jūras bezmugurkaulniekiem un skrimšļzivīm (haizivis un rajās) ķermeņa šķidrums ir gandrīz izotoniski ar jūras ūdeni. Šiem dzīvniekiem gandrīz nav nekādu grūtību, lai uzturētu normālu ūdens-sāļu līdzsvaru organismā. Interesants ir fakts, ka šo organismu šķidrums nav tāda pati sāļu koncentrācija kā ūdenī. Izrādās, ka līdzsvaru ar jūras ūdens sāļu koncentrāciju nodrošina lielais urīnvielas daudzums asinīs. Nenoskaidrotu iemeslu dēļ šāda urīnvielas koncentrācija ūdensdzīvniekiem nav kaitīga.

Kaulzivis

Visu kaulzivju organismu šķidrums ir tikai neliels sāļu daudzums. Acīmredzot zivis ir cēlušās saldūdeņos un tikai vēlāk dažas zivju grupas ir pārgājušas uz jūru. Jūras kaulzivīm (10.2. att. A) ir tieksme zaudēt ūdeni jeb atūdeņoties. Lai to kompensētu, viņas gandrīz visu laiku dzer jūras ūdeni. Ik stundu jūras zivs vidēji norij tādu ūdens daudzumu, kas ir vienāds ar 1 % no ķermeņa masas. Tātad – cilvēkam katru stundu vajadzētu izdzert 700 ml ūdens. Līdz ar ūdeni šīs zivis uzņem arī sāļus. Lai atbrīvotu organismu no liekajiem sāļiem, viņas aktīvi caur žaunām jūras ūdeni izvada nātrija



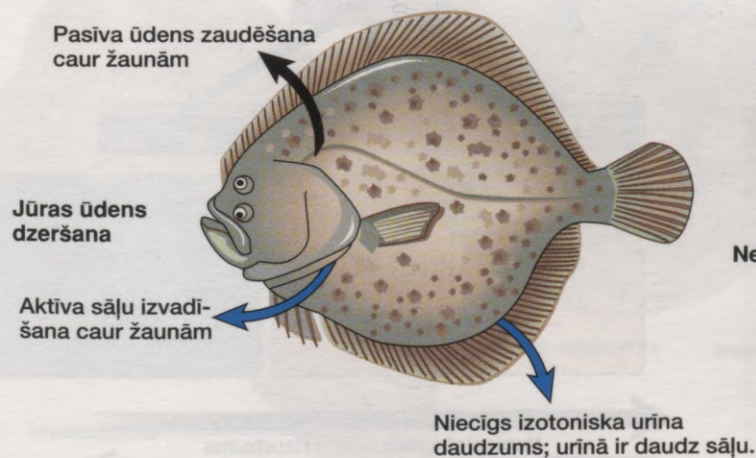
B

jonus (Na^+) un hlorīdjonus (Cl^-). Tas izraisa pasīvo ūdens zaudēšanu caur žaunām.

Saldūdens zivīm ir pilnīgi pretēja osmotiskā spiediena regulācija nekā jūras zivīm (10.2. att. B). Ķermeņa šķidrums viņām ir hipertonski attiecībā pret saldūdeni. Ūdens pasīvi tiecas iekļūt zivs organismā. Saldūdens zivis nekad nedzer ūdeni, bet gan atbrīvojas no ūdens, izdalot to ar lielu daudzumu atšķaidīta (hipotoniska) urīna. Zivis katru dienu izdala tādu urīna daudzumu, kas ir vienāds ar vienu trešdaļu no ķermeņa masas. Tā kā šīs zivis tomēr zaudē sāļus, viņas tos caur žaunu membrānām aktīvi nogādā asinīs.

Interesanti, ka dažas kaulzivis, neraugoties uz specifiskajiem pielāgojumiem, spēj pārvietoties no jūras ūdens saldūdenī un otrādi. Piemēram, lasis savu dzīvi sāk saldūdens strautos un upēs, pēc tam kādu noteiktu dzīves posmu pavada jūrās un okeānos, bet tad atgriežas upēs nārstot. Šīm zivīm, pārvietojoties no vienas vides otrā, mainās gan uzvedība, gan žaunu un nieru funkcijas.

Lai panāktu ūdens-sāļu līdzsvaru, jūras kaulzivis visu laiku dzer ūdeni un caur žaunām izdala sāļus. Saldūdens zivis nekad nedzer ūdeni. Viņu urīns ir ļoti atšķaidīts, un sāļus zivis aktīvi uzņem caur žaunām.



A. Jūras zivs



B. Saldūdens zivs

10.2. attēls. Osmotiskā spiediena regulācija kaulzivīm

Ar melnajām bultiņām ir attēlots pasīvais vielu transports no vides, bet ar zilajām bultiņām – aktīvais vielu transports, ko rada zivs, pretojoties vides spiedienam.

Sauszemes dzīvnieki

Vairumam sauszemes dzīvnieku ik pa laikam jāuzņemas ūdens, jo viņi to zaudē caur nierēm, elpojot, ar sviedriem un fekālijām. Līdzīgi kā jūras zivis, arī putni un rāpuļi, kuri dzīvo pie jūras, spēj dzert sālsūdeni. Šiem dzīvniekiem degunā ir īpaši sāls dziedzeri, kas spēj lielā daudzumā izdalīt koncentrētu sāls šķidrumu.

Lai pasargātos no ūdens zuduma, daži dzīvnieki izvada gandrīz nešķīstošus slāpekļa atkritumproduktus. Pret ūdens zaudēšanu aizsargā arī ārējs necaurlaidīgs apvalks. Ja salīdzina vārdes mitro, plāno un caurlaidīgo ādu ar ķirzakas sauso, zvīnaino un biezo ādu, uzreiz nekļūstīgi var pateikt, kurš no šiem dzīvniekiem ir pielāgots dzīvei uz sauszemes. Dažiem dzīvniekiem bez šiem vispārējiem pielāgojumiem pret ūdens iztvaikošanu ir vēl īpaši pielāgojumi. Piemēram, tuksnešu iemītniekiem kamieļiem un somainajām žurkām deguna ejā ir ļoti krokota gļotaina membrāna, kura ieelpojot samitrina gaisu, bet izelpojot aiztur mitrumu. Cilvēkam ir pilnīgi otrādi. Izelpotajā gaisā ir daudz mitruma, tāpēc aukstās ziemas dienās elpojot var redzēt garaiņus, jo ūdens tvaiki kondensējas. Cilvēka organisms ūdeni saglabā, galvenokārt veidojot koncentrētu urīnu. Somainajām žurkām arī veidojas ļoti koncentrēts urīns un izdalās gandrīz sausi ekskrementi. Šis dzīvnieks ir ļoti labi piemērots ūdens saglabāšanai, jo spēj izdzīvot ar ūdeni, kas veidojas aerobās elpošanas reakcijās.

10.2. Slāpekli saturošie atkritumprodukti

Atkritumprodukti, kuru sastāvā ir slāpeklis, rodas, noārdoties dažādu vielu molekulām, piemēram, nukleīnskābēm un aminoskābēm. Sīkāk tiks aplūkota vienīgi aminoskābju vielmaiņa. Tās aminoskābes, kuras organismā netiek izmantotas proteīnu sintēzei, organisms oksidē, lai iegūtu enerģiju, vai arī pārvērš par taukiem vai ogļhidrātiem, kurus uzkrāj rezervē. Abos gadījumos ir jāatdala aminogrupas ($-NH_2$), jo tās neietilpst rezervē uzkrājamo vielu sastāvā. Atkarībā no dzīvnieka sugas šīs aminogrupas tiek pārvērstas par amonjaku, urīnvielu vai urīnskābi un izvadītas no organisma (10.1. tab.). Aminogrupu atdalīšanai no aminoskābēm jāpatērē noteikts enerģijas daudzums. Lai pārvērstu aminogrupas par amonjaku, urīnvielu vai urīnskābi, ir nepieciešams atšķirīgs enerģijas daudzums (10.3. att.).

Slāpekļa atkritumvielu ekskrecija

No aminoskābēm atdalītās aminogrupas, pievienojot trešo ūdeņraža jonu, nekavējoties veido amonjaku (NH_3). Šajā procesā gandrīz nemaz nav nepieciešama enerģija. Amonjaks ir toksisks, tāpēc slāpekļa atkritumvielu izvadīšana amonjaka veidā var notikt vienīgi tad, ja no organisma to izvada kopā ar lielu ūdens daudzumu. Amonjaks ļoti labi šķīst ūdenī. Apkārtējā ūdens vidē caur žaunām vai ādas virsmu amonjaku izvada kaulzivis, ūdens bezmugurkaulnieki un abinieki.

Pieaugušie sauszemes abinieki un zīdītāji parasti izdala urīnvielu (gr. *urina* – urīns). Urīnviela ir mazāk indīga par amonjaku, tāpēc no organisma to var izdalīt daudz koncentrētākā veidā. Līdz ar to organismā saglabājas ūdens. Urīnviela veidojas aknās, notiekot virknei enzimatisku (fermentatīvu) reakciju, kuru norisei nepieciešama enerģija.

10.1. tabula

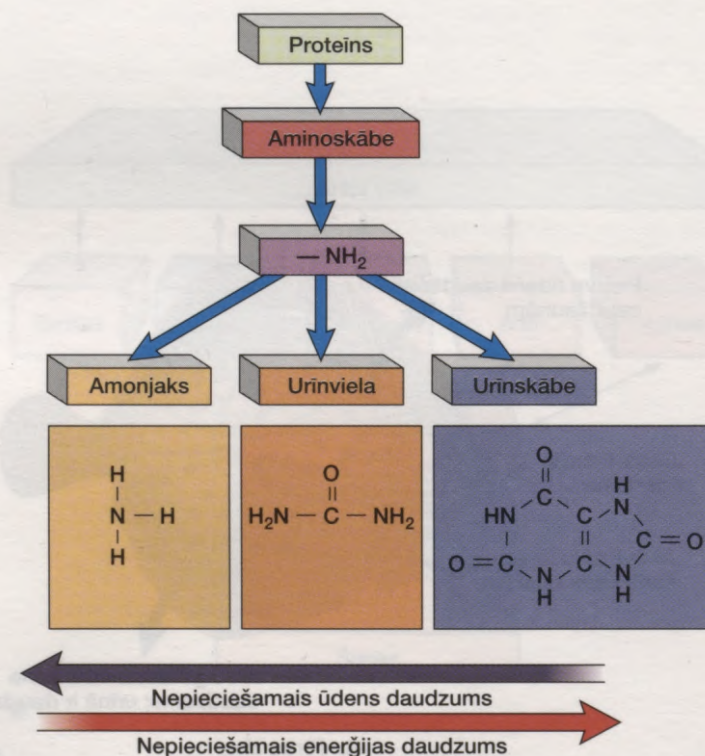
Slāpekļa atkritumvielas		
Viena	Vide	Dzīvnieks
Amonjaks	Ūdens	Ūdens bezmugurkaulnieki Kaulzivis Abinieku kāpuri
Urīnviela	Sauszeme	Pieauguši abinieki Zīdītāji
Urīnskābe	Sauszeme	Kukaiņi Putni Rāpuļi

To laikā pārneseja molekula saista oglekļa dioksīdu un divas amonjaka molekulas, līdz beigās veidojas urīnviela. Šīs reakcijas sauc par urīnvielas ciklu.

Urīnskābi izdala kukaiņi, rāpuļi un putni. Urīnskābe nav pārāk indīga. Tā slikti šķīst ūdenī. Urīnskābes veidošanās ļauj dzīvniekiem saglabāt organismā ūdeni, jo urīnskābi var izvadīt arī vēl koncentrētākā veidā nekā urīnvielu. Rāpuļiem un putniem atšķaidīta urīnskābe no nierēm nonāk kloākā (kopējs rezervuārs gremošanas, izvadsistēmas un dzimumsistēmas produktiem), bet no turienes izplūst resnajā zarnā, kur reabsorbējas ūdens. Tā kā rāpuļu un putnu embriji attīstās pilnīgi slēgtās un ar čaulu klātās olās, tad visas slāpekli saturošās atkritumvielas saglabājas olā līdz pat izšķilšanās brīdim.

Urīnskābe sintezējas daudzās secīgās enzimatiskās reakcijās. Urīnskābes veidošanai ir nepieciešams vēl vairāk ATP enerģijas nekā urīnvielas sintēzei.

Dzīvnieki no organisma izvada slāpekli saturošus atkritumproduktus amonjaka, urīnvielas vai urīnskābes veidā. Lai izvadītu amonjaku, jāzaudē daudz ūdens. Urīnskābes veidošanai jāpatērē daudz enerģijas.



10.3. attēls. Slāpekļa atkritumvielas

Proteīni hidrolizējas par aminoskābēm. Tās savukārt sadalās par oglekļa savienojumiem un aminogrupām. Oglekļa savienojumus izmanto kā enerģijas avotu, bet aminogrupas tiek izvadītas no organisma, iepriekš pārvēršot tās par amonjaku, urīnvielu vai urīnskābi.

10.3. Izvadorgāni

Vairumam dzīvnieku ir cauruļveida orgāni, kas regulē ūdens, sāļu un atkritumvielu koncentrāciju iekšējā vidē.

Planārijas izvadšūnas

Saldūdens dzīvniekiem planārijām ir divas zarotu izvadcauruļu virknes, kuru izvadporas atveras uz ķermeņa virsmas (10.4. att. A). Visā cauruļu garumā izvietotas **zvaigžņveida šūnas**. No katras šūnas atiet skropstiņu pušķis. Skropstiņas visu laiku kustas, un mikroskopā tās atgādina vējā plīvojošu sveces liesmu, tāpēc šo skropstiņu pušķi sauc par mirgojošo liesmu. Skropstiņu pušķis virza hipertonusko šķidrumu cauri izvadkanālam laukā no organisma. Šī izvadorgānu sistēma kalpo arī osmotiskā spiediena regulācijai un gāzu izvadīšanai.

Sliekas izvadnefrīdiji

Sliekas ķermenis ir sadalīts posmos. Gandrīz katrā posmā ir izvadstruktūru pāris, ko sauc par **nefrīdijiem** (gr. *nephros* – nieres). Katrs nefrīdijis ir caurule, kuras vienā galā ir atvere, ko ieskauj skropstiņas, bet otrā galā – ekskretorā pora jeb izvadpora (10.4. att. B). Skropstiņas virza šķidrumu no

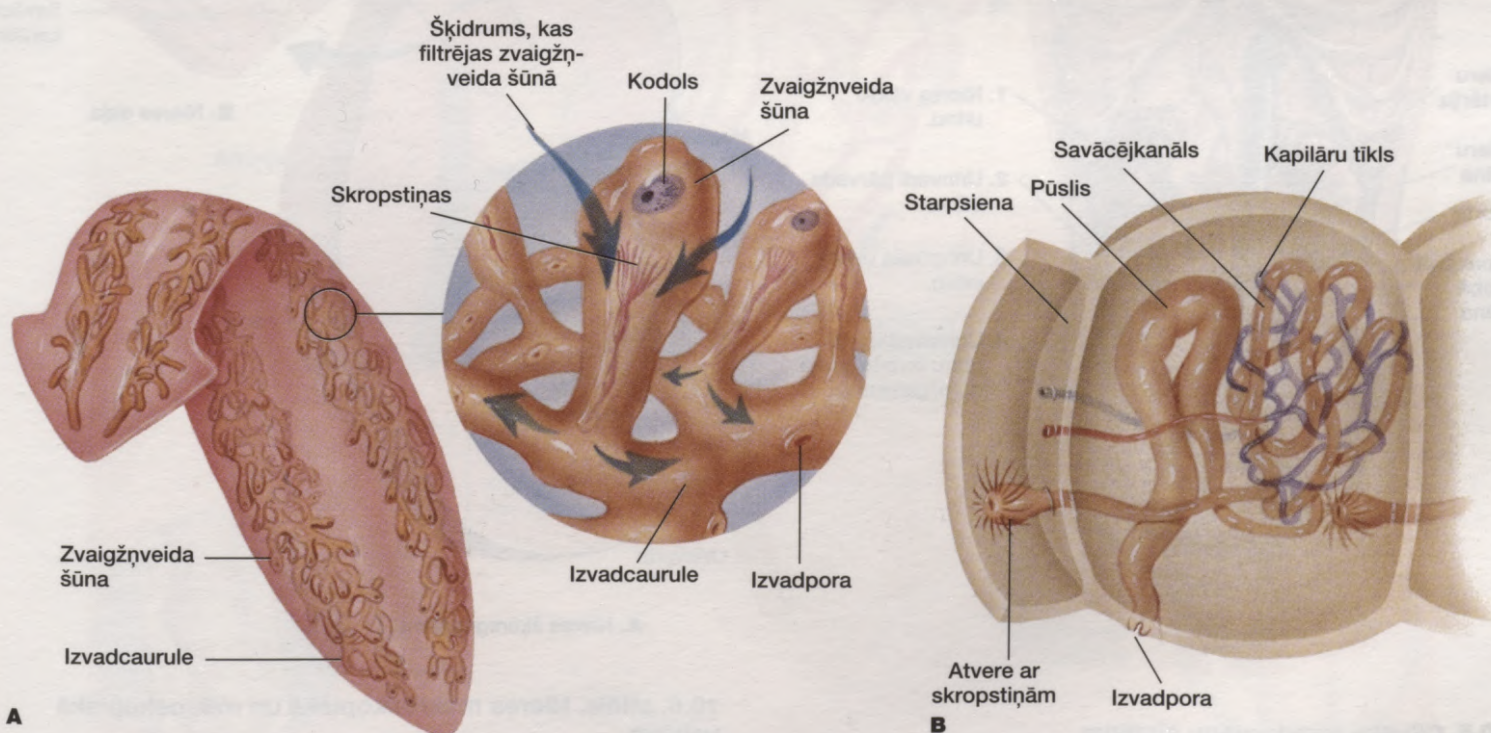
celoma caurulē. Dažas vielas no šī šķidruma tiek reabsorbētas. Tās aiznes prom ap izvadcauruli esošie kapilāri. Izveidojas urīns, kas satur vienīgi vielmaiņas galaproduktus, sāļus un ūdeni.

Katru dienu slieka izvada daudz ūdens. Tās organismā var veidoties urīns, kura daudzums ir 60 % no ķermeņa masas. Sliekas urīnā ir amonjaks.

Kukaiņu Malpīģija vadi

Kukaiņiem ir īpaša izvadorgānu sistēma. Tā sastāv no garām, plānām caurulēm jeb **Malpīģija vadiem**, kas ir saistīti ar gremošanas traktu. Urīnskābe ieplūst Malpīģija vados no apkārt esošās hemolimfas. Ūdens un citas nozīmīgas vielas tiek reabsorbētas resnajā zarnā, bet urīnskābe tiek izvadīta laukā caur ānusu. Maz ūdens reabsorbē tie kukaiņi, kuri mīt ūdenī vai arī kuru barībā ir daudz ūdens. Turpretim tie kukaiņi, kuri mīt sausā vidē, gandrīz visu ūdeni reabsorbē, izvadot laukā atūdeņotu urīnskābi.

Vairumam dzīvnieku ir primārie izvadorgāni. Planārijām ir zvaigžņveida šūnas, sliekām – nefrīdiji, bet kukaiņiem – Malpīģija vadi.



10.4. attēls. Dzīvnieku izvadsistēmas

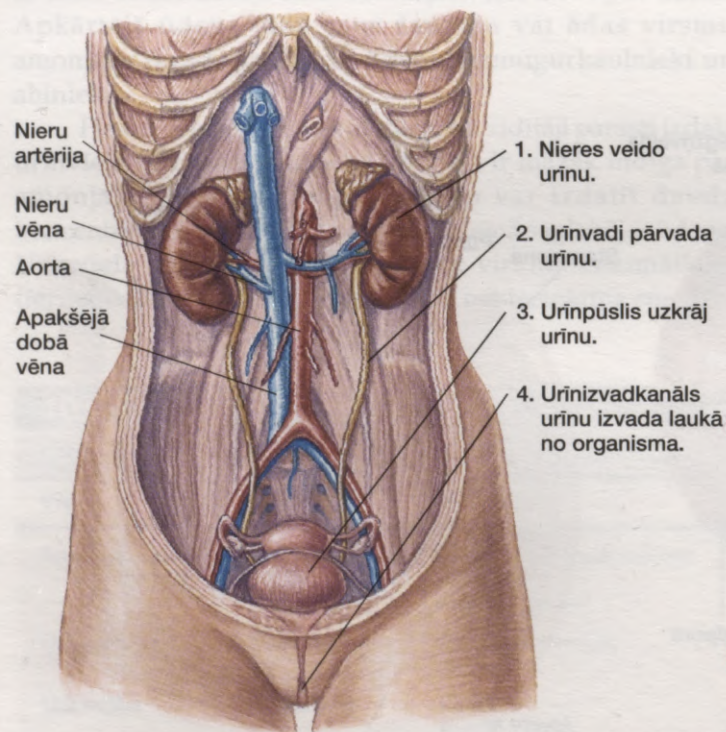
A. Planārijas zvaigžņveida šūnas. Visa ķermeņa garumā stiepjas divas vai vairākas zarotas caurules. To izvadporas atveras uz ķermeņa virsmas. Sānzari beidzas ar sīkām zvaigžņveida šūnām, kuru skropstiņas virza šķidrumu caurulēs, lai to izvadītu no organisma. **B.** Sliekas nefrīdijis. Nefrīdijam ir ar skropstiņām klāta atvere. Tā ved spirālveida caurulē, kuru ietver kapilāru tīkls. Urīns īslaicīgi uzkrājas pūslī, pirms tiek izvadīts laukā caur izvadporu. Vairumam segmentu katrā pusē ir viens nefrīdijis.

10.4. Cilvēka izvadorgānu sistēma

Cilvēka izvadorgānu sistēmas uzbūve ir parādīta 10.5. attēlā. Cilvēka **nieres** ir pupas formas sarkanbrūns pāra orgāns. Tās atrodas abās pusēs mugurkaulam zem diafragmas. Nieres daļēji aizsargā krūškurvja apakšējā daļa. Nieres veido **urīnu**. No katras nieres atiet **urīnvads**, kas urīnu aizvada uz **urīnpūsli**. Tur urīns uzkrājas, līdz tiek izvadīts laukā no organisma pa **urīnizvadkanālu**. Vīriešiem urīnizvadkanāls iet caur dzimumlocekli, bet sievietēm tas atveras virs maksts atveres. Sievietēm urīnizvadkanāls nav saistīts ar dzimumsistēmu, bet vīriešiem ir saistīts – tas ejakulācijas laikā pārvada spermu.

Nieres uzbūve

Ja nieri skata garengriezumā, var redzēt tās sastāvdaļas (10.6. att.). Nieres ārējā kārtā ir nieres garoza, kura izskatās graudaina. Nieres serde veido nieres iekšējo kārtu. Tā sastāv no nieres piramidām. Nieres pašā centrā ir dobums, ko sauc par **nieres bļodiņu**. Pirms ieplūšanas urīnvadā urīns uzkrājas nieres bļodiņā. Ja apskata nieres uzbūvi mikroskopā, var redzēt, ka tā sastāv no aptuveni miljons ļoti sīkām caurulītēm, ko sauc par **nefroniem** (gr. *nephros* – niere). Nefroni, kuri veido serdes daļu, ir parādīti 10.6. attēlā B.



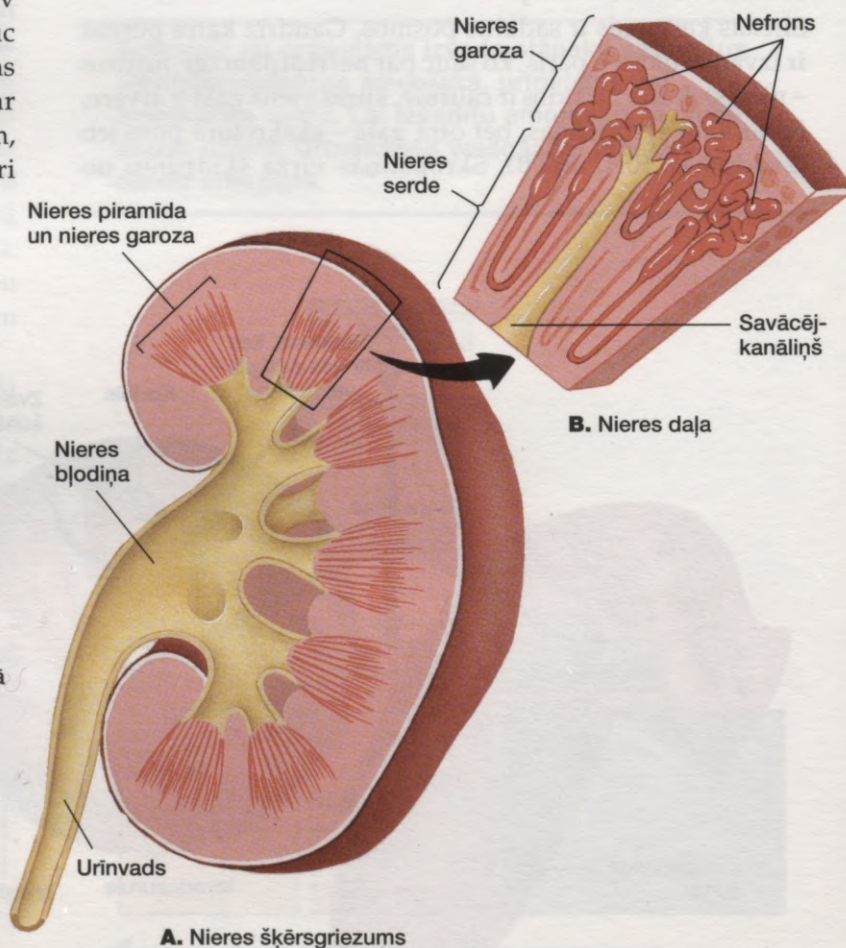
10.5. Cilvēka izvadorgānu sistēma

Urīns veidojas nierēs un tiek izvadīts caur urīnvadu, urīnpūsli un urīnizvadkanālu.

Nefrons

Katram nefronam ir vairākas daļas (10.7. att.). Vienā nefrona galā atrodas nieres ķermenītis, t. i., asinsvadu kamoliņš, kuru apņem nefrona kapsula jeb Boumena kapsula.

Kapsulu ārējā kārtā ir veidota no plakanām epitēlijšūnām, bet iekšējā kārtā – no šūnām, kuras viegli laiž cauri vielu molekulas. No nieres kapsulas atiet **proksimālais likumainais kanāliņš** (lat. *proximus* – tuvākais). To izklāj šūnas, kurās ir ļoti daudz mitochondriju. Šo šūnu iekšējai membrānai ir sīkas mikrobārktīņas. Nākamā nefrona daļa ir **nefrona cilpa**, kuru veido plakanais epitēlijs. Nefronu beigu daļa ir **distālais likumainais kanāliņš** (lat. *distantia* – tālu). Vairāki distālie kanāliņi veido savācējkanāliņu, kas atveras nieres bļodiņā. Nefrona cilpas un savācējkanāliņi veido serdes daļas piramīdas (10.6. att.).



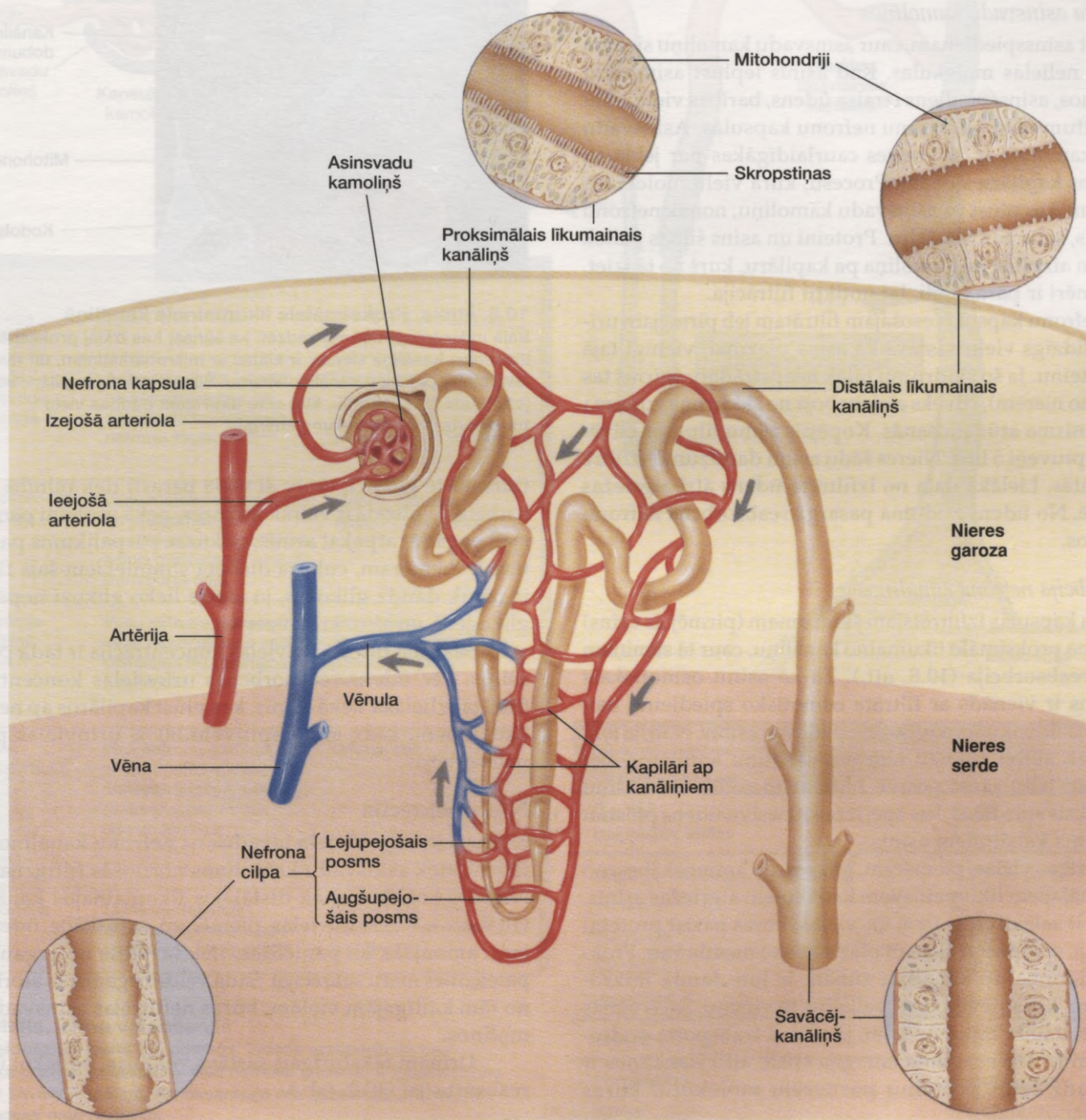
10.6. attēls. Nieres makroskopiskā un mikroskopiskā uzbūve

A. Nieres šķērsgriezumā var redzēt nieres garožu, nieres serdi un nieres bļodiņu. **B.** Nefronu novietojums (palielināts).

Katram nefronam ir atsevišķa asins apgāde (10.7. att.). Nieru artērija sazarojas sīkās artērijās. Tās savukārt sazarojas arteriolās. Pievadošā arteriola ieiet nierēs ķermenītī un sazarojoties veido asinsvadu kamoliņu (lat. *glomeris* – bumba). No nierēs ķermenīša izejošā arteriola sazarojas, veidojot kapilāru tīklu ap nefrona kanāliņiem. Šiem kapilāriem apvienojoties, veidojas vēnas, kuras asinis aizvada

uz nierēs vēnu. No nierēs vēnas asinis ieplūst apakšējā dobajā vēnā.

Cilvēka niere ir veidota no nefroniem. Katrs nefrons sastāv no nierēs ķermenīša un nefrona kanāliņiem, kurus apņem kapilāri.



10.7. attēls. Nefrona uzbūve

Aplis ir parādīts, kādi audi atrodas norādītajās vietās. Asins plūsmas virzienu pa nefronu norāda bultiņas.

Urīna veidošanās

Urīna veidošanās noris trīs posmos.

1. Filtrācija nierēs ķermenītī, kas atrodas nefrona kapsulās.
2. Reabsorbcija nierēs kanāļos, arī selektīvā reabsorbcija proksimālajos likumainajos kanāļos.
3. Sekrēcija distālajos likumainajos kanāļos.

Filtrācija asinsvadu kamoliņos

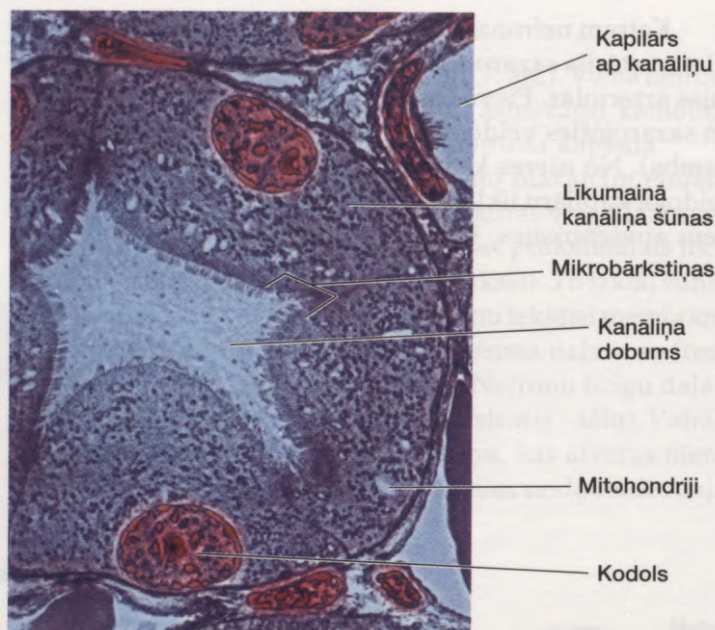
Pastāvot asinsspiedienam, caur asinsvadu kamoliņu sienām filtrējas nelielas molekulas. Kad asinis ieplūst asinsvadu kamoliņos, asinsspiediens izraisa ūdens, barības vielu, sāļu un atkritumuvielu nokļūšanu nefronu kapsulās. Asinsvadu sienas kamoliņā ir 100 reizes caurlaidīgākas par jebkuru citu asins kapilāru sienām. Procesu, kurā vielu molekulas no asinīm, kas plūst pa asinsvadu kamoliņu, nonāk nefronu kapsulās, sauc par **filtrāciju**. Proteīni un asins šūnas paliek asinīs un aizplūst no kamoliņa pa kapilāru, kurš no tā iziet, jo to izmēri ir pārāk lieli, lai notiktu filtrācija.

Nefronu kapsulās esošajam filtrātam jeb pirmējam urīnam ir līdzīgs vielu sastāvs kā asins plazmai, vienīgi tajā nav proteīnu. Ja šo šķidrumu tālāk neapstrādātu (pirms tas izplūst no nierēm), cilvēks aizietu bojā no šķidruma zuduma jeb organisma atūdeņošanās. Kopējais asiņu tilpums cilvēkam ir aptuveni 5 litri. Nieres šādu asiņu daudzumu izfiltrē 40 minūtēs. Lielākā daļa no izfiltrētā ūdens ātri atgriežas asinsritē. No ūdens zuduma pasargā reabsorbcija nefronu kanāļos.

Reabsorbcija nefrona kanāļos

Nefronu kapsulās izfiltrētajam šķidrumam (pirmējais urīns) plūstot pa proksimālo likumaino kanāliņu, caur tā sienām notiek reabsorbcija (10.8. att.). Tā kā asiņu osmotiskais spiediens ir vienāds ar filtrāta osmotisko spiedienu, nav iespējama ūdens pārvietošanās no filtrāta asinīs. Nātrija joni (Na^+) tiek aktīvi sūkņēti nefrona kanāliņu kapilāros, bet hlorīdjoni (Cl^-) plūst pasīvi. Līdz ar to rodas tāds asiņu osmotiskais spiediens, kas spēj izraisīt pasīvu ūdens plūsmu no nefrona kanāļiem asinīs.

Barības vielas, piemēram, glikoze un aminoskābes, no proksimālajiem likumainajiem kanāļiem atgriežas asinīs. Process ir selektīvs, jo tikai tās vielas, kuras pazīst proteīni pārnēsēji, spēj pasīvi šķērsot plazmatisko membrānu. Proksimālo likumaino kanāliņu šūnām ir ļoti daudz mikrobārkstiņu, kuras ievērojami palielina to virsmu. Šajās šūnās ir arī ļoti daudz mitohondriju, jo aktīvā transporta nodrošināšanai ir nepieciešama enerģija (10.8. att.) Kanāļos ir ļoti daudz tādu proteīnu pārnēsēju molekulu, kuras



10.8. attēls. Proksimālais likumainais kanāliņš

Šajā mikrofotogrāfijā var redzēt, ka šūnas, kas izklāj proksimālā likumainā kanāliņa sienas, ir klātas ar mikrobārkstiņām, un tas ievērojami palielina kanāliņu virsmu. Šūnas ieskauj kapilāri. Šūnās ir ļoti daudz mitohondriju, kuri ražo aktīvajam barības vielu transportam nepieciešamo enerģiju.

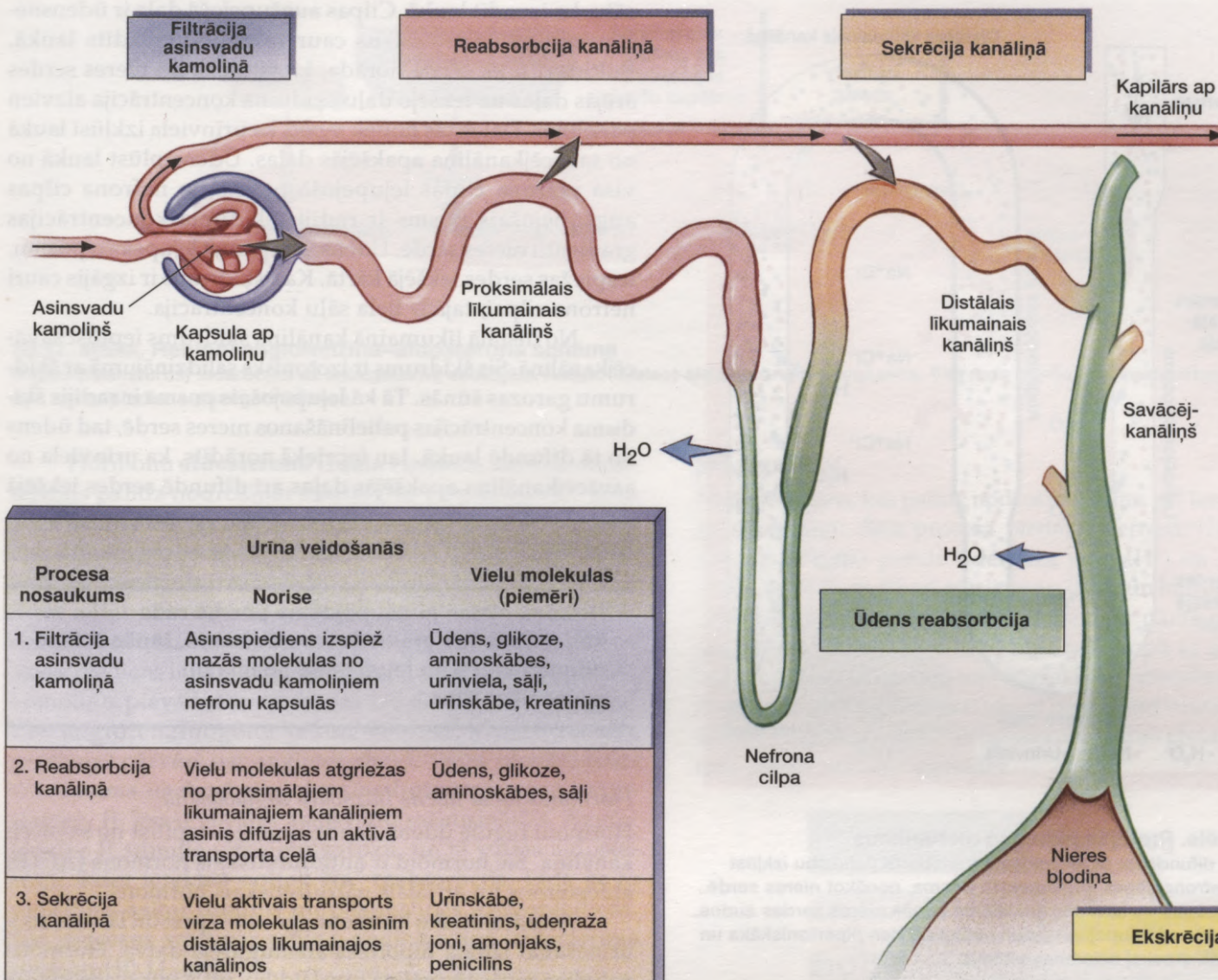
transportē glikozi, tāpēc šī viela parasti tiek pilnībā reabsorbēta. Ja filtrātā ir vairāk glikozes, nekā proteīni pārnēsēji spēj nogādāt atpakaļ asinīs, glikozes pārpalikums parādās urīnā. Piemēram, cukura diabēta slimniekiem šajā filtrātā ir pārāk daudz glikozes, jo aknas lieko glikozi nepārvērš glikogēnā un neuzkrāj rezervei.

Sākumā filtrātā urīvielas koncentrācija ir tāda pati kā asinīs. Pēc ūdens reabsorbcijas urīvielas koncentrācija filtrātā ir lielāka nekā asinīs, kas plūst kapilāros ap nefrona kanāļiem. Līdz ar to aptuveni 50 % urīvielas pasīvi reabsorbējas.

Nieru sekrēcija

Nieru sekrēcija ir vielu izvadīšana nefronu kanāļos, bet tā nenotiek asinsvadu kamoliņos noritošās filtrācijas dēļ. Nieru sekrēcija notiek distālajos likumainajos kanāļos (10.9. att.). Vairākas vielas, piemēram, urīnskābe, ūdeņraža joni, amonjaks un penicilīns, tiek izvadīts no organisma, pateicoties nieru sekrēcijai. Šādā veidā organisms atbrīvojas no tām kaitīgajām vielām, kuras nefiltrējas asinsvadu kamoliņos.

Urīnam raksturīgais sastāvs veidojas, notiekot ūdens reabsorbcijai (10.2. tab.).



Procesa nosaukums	Urīna veidošanās	
	Norise	Vielu molekulas (piemēri)
1. Filtrācija asinsvadu kamoliņā	Asinsspiediens izspiež mazās molekulas no asinsvadu kamoliņiem nefronu kapsulās	Ūdens, glikoze, aminoskābes, urīnviela, sāļi, urīnskābe, kreatinīns
2. Reabsorbcija kanāliņā	Vielu molekulas atgriežas no proksimālajiem likumainajiem kanāliņiem asinis difūzijas un aktīvā transporta ceļā	Ūdens, glikoze, aminoskābes, sāļi
3. Sekrēcija kanāliņā	Vielu aktīvais transports virza molekulas no asinīm distālajos likumainajos kanāliņos	Urīnskābe, kreatinīns, ūdeņraža joni, amonjaks, penicilīns
4. Ūdens reabsorbcija	Visā nefrona garumā, sevišķi nefrona cilpā un savācējkanāliņā, pēc sāļu reabsorbcijas notiek ūdens osmoze	Ūdens, sāļi
5. Ekskrēcija	Urīna veidošanās atbrīvo organismu no vielmaiņas atkritumiem	Ūdens, sāļi, urīnviela, urīnskābe, amonjaks, kreatinīns

10.9. attēls. Urīna veidošanās

Urīna veidošanās noris trīs posmos. Ūdens reabsorbcija nav atsevišķs posms, jo tā notiek visā nefrona garumā, it īpaši nefrona cilpā un savācējkanāliņā. Arī ekskrēcija nav atsevišķs posms, bet gan procesa gala rezultāts.

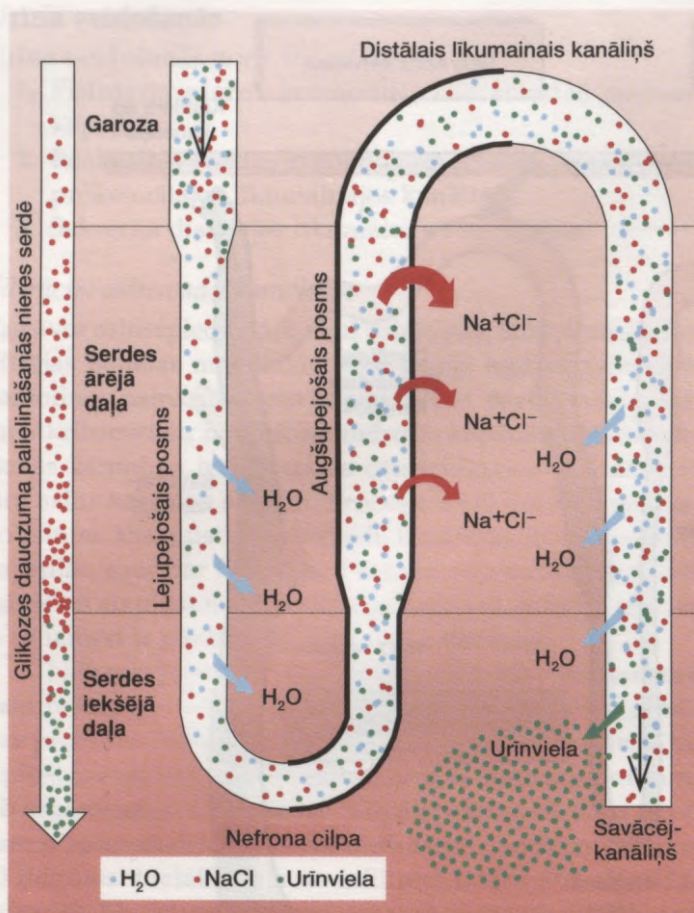
10.2. tabula

Urīna sastāvs

Ūdens	95 %
Izšķīdušās vielas	5 %
Slāpekļa vielmaiņas galaprodukti	(1500 ml urīna)
Urīnviela	30 g
Kreatinīns	1-2 g
Amonjaks	1-2 g
Urīnskābe	1 g

Sāļu joni **25 g**

Pozitīvie joni	Negatīvie joni
Nātrijs	Hlorīdjoni
Kālijs	Sulfātjoni
Magnijs	Fosfātjoni
Amonijs	
Kalcijs	



10.10. attēls. Pretējās plūsmas mehānisms

Sāļi (NaCl) difundē un ar aktīvā vielu transporta palīdzību izklūst laukā no nefrona cilpas augšupejošā posma, nonākot nierēs serdē. Urīnviela izsūcas no savācējkanāliņa un nonāk nierēs serdes audos. Līdz ar to vide ap lejupejošo posmu kļūst aizvien hipertonsāka un ūdens nonāk atpakaļ asinsrites sistēmā.

Koncentrēta urīna veidošanās

Rāpuļiem un putniem ūdeni reabsorbē galvenokārt gremošanas trakts, bet zīdītājiem tas notiek nierēs. Nefronam ir cilpa, kurā šķidrums plūst lejup un augšup. Šī pretējā plūsma ļauj veidoties koncentrētam urīnam (tādam, kurš ir hipertonsāks attiecībā pret asins plazmu) dziļi serdes daļā esošajos nefronos.

No augšupejošā posma apakšējās daļas NaCl difundē pasīvi, bet no augšējās pārsūtinātās daļas tas aktīvā ceļā nonāk apkārtējos nierēs serdes audos (10.10. att.). Virzienā uz augšu pa cilpas augšupejošo posmu ir aizvien mazāk

sāļu, ko izvadīt laukā. Cilpas augšupejošā daļa ir ūdensnecaurlaidīga, tāpēc ūdens caur to netiek izvadīts laukā. Bultiņas 10.10. attēlā norāda, ka virzienā no nierēs serdes ārējās daļas uz iekšējo daļu šķidruma koncentrācija aizvien palielinās. Daļēji tas notiek tāpēc, ka urīnviela izklūst laukā no savācējkanāliņa apakšējās daļas. Ūdens plūst laukā no visa nefrona cilpas lejupejošā posma, jo nefrona cilpas augšupejošais posms ir radījis šķidruma koncentrācijas gradientu nierēs serdē. Ūdens, kas pamet lejupejošo posmu, iespiežas serdes iekšējā kārtā. Kad šķidrums ir izgājis cauri nefrona cilpai, tajā ir liela sāļu koncentrācija.

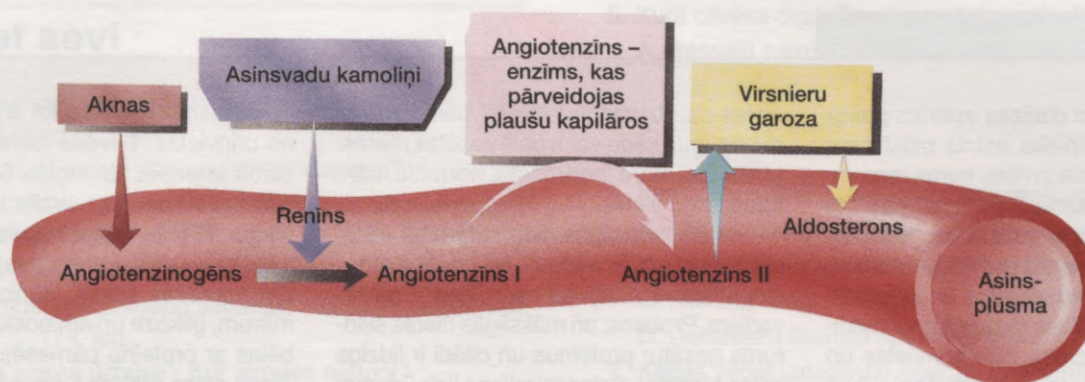
No distālā līkumainā kanāliņa šķidrums ieplūst savācējkanāliņā. Šis šķidrums ir izotonisks salīdzinājumā ar šķidrumu garozas šūnās. Tā kā lejupejošais posms ir radījis šķidruma koncentrācijas palielināšanos nierēs serdē, tad ūdens no tā difundē laukā. Jau iepriekš norādīts, ka urīnviela no savācējkanāliņa apakšējās daļas arī difundē serdes iekšējā daļā. Tas vēl vairāk pastiprina ūdens difūziju no savācējkanāliņa.

Nefrona cilpas augšupejošais posms rada koncentrācijas gradientu nierēs serdē, tāpēc ūdens difundē laukā no lejupejošā posma un savācējkanāliņa.

Hormonu loma ūdens līdzsvara saglabāšanā

Hormoni regulē ūdens daudzumu, kas izplūst no savācējkanāliņa. Šie hormoni ir antidiurētiskais hormons (ADH), aldosterons un atriālais nātriurētiskais hormons.

Antidiurētisko hormonu (gr. *anti* – pret un lat. *ouresis* – urinēšana) izdala hipofīzes aizmugurējā daiva. Hormons palielina savācējkanāliņa caurlaidību, un asinīs reabsorbējas vairāk ūdens. Ja asiņu osmotiskais spiediens palielinās, izdalās antidiurētiskais hormons, reabsorbējas vairāk ūdens un veidojas mazāk urīna. Savukārt, ja asiņu osmotiskais spiediens pazeminās, antidiurētiskais hormons netiek izdalīts un no organisma kopā ar urīnu vairāk tiek izvadīts ūdens. Alkohola lietošana izraisa diurēzi (urīna daudzuma palielināšanos), jo alkohols veicina antidiurētiskā hormona sekrēciju. Alus dzeršana izraisa diurēzi galvenokārt tāpēc, ka organismā tiek uzņemts daudz šķidruma. Ir zāles, ko lieto, lai pazeminātu asinsspiedienu. Tās pastiprina urīna veidošanos, līdz ar to samazinot asiņu tilpumu un asinsspiedienu.



10.11. attēls. Renīna–angiotenzīna–aldosterona sistēma

Orgāni (taisnstūros) iedarbojas uz asinsplūsmā esošajām vielām, izraisot aldosterona atbrīvošanos. Tas rada nātrija jonu reabsorbciju, bet pēc tam asinsspiediena paaugstināšanos.

Hormonu **aldosteronu** izdala virsnieru garoza. Aldosterons palīdz nodrošināt nātrija (Na^+) un kālija (K^+) jonu līdzsvaru asinīs. Šis hormons liek distālajiem likumainajiem kanāliņiem reabsorbēt Na^+ un izdalīt K^+ . Nātrija jonu palielināšanās asinīs izraisa ūdens reabsorbciju. Tās dēļ palielinās asiņu daudzums un paaugstinās asinsspiediens. Asinsspiedienu visu laiku regulē asinsvadu kamoliņi. Ja asinsspiediens ir pārāk zems, lai notiktu filtrācija, asinsvadu kamoliņu pievadošās arteriolas izdala renīnu – enzīmu, kas angiotenzinogēnu (aknu veidotu asins plazmas proteīnu) pārvērš par angiotenzīnu I. Vēlāk plaušās kāda cita enzīma ietekmē angiotenzīns I pārvēršas par angiotenzīnu II, kas ir spēcīgs asinsvadu sašaurinātājs. Angiotenzīns II stimulē virsnieru garozu, un tā izdala aldosteronu, kura ietekmē notiek Na^+ reabsorbcija. Līdz ar to palielinās asiņu tilpums un paaugstinās asinsspiediens. Šos procesus sauc par renīna–angiotenzīna–aldosterona sistēmu (10.11. att.).

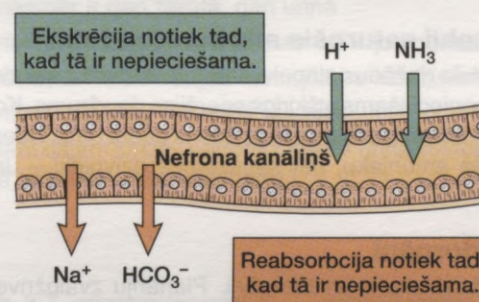
Tāpat gan antidiurētiskais hormons, gan aldosterons palielina asiņu tilpumu un paaugstina asinsspiedienu. Kad asinsspiediens paaugstinās, sirds izdala hormonu, ko sauc par atriālo nātriurētisko hormonu. Šis hormons kavē renīna izdalīšanos asinsvadu kamoliņos un antidiurētiskā hormona izdalīšanos no hipofīzes aizmugurējās daivas.

Šis piemērs parāda, kā hormoni regulē cits cita darbību.

Aldosterona un antidiurētiskā hormona izdalīšanās veicina asiņu tilpuma palielināšanos un asinsspiediena paaugstināšanos. Pretēja iedarbība ir sirds izdalītajam atriālajam nātriurētiskajam hormonam. Šādā veidā tiek uzturēts normāls asiņu tilpums un asinsspiediens.

pH regulācija

Niere ir orgāns, kas palīdz nodrošināt asiņu pH līmeni tikpat kā nemainīgu. Šajā procesā piedalās nefroni. Uzturēt pH normas robežās palīdz ūdeņraža jonu (H^+) un amonjaka (NH_3) izdalīšana, kā arī nātrija jonu (Na^+) un hidrogēncarbonātjonu (HCO_3^-) reabsorbcija. Ja asinis ir pārāk skābas, no organisma tiek izdalīti ūdeņraža joni kopā ar amonjaku, bet nātrija un hidrogēncarbonātjoni tiek absorbēti. Līdz ar to atjaunojas normāls asiņu pH, jo nātrija joni veicina hidrosiljonu veidošanos, bet hidrogēncarbonātjoni piesaista ūdeņraža jonus, veidojot ogļskābi.



Ja asinis ir sārmainas, ūdeņraža joni izdalās mazāk un mazāk tiek reabsorbēti nātrija un hidrogēncarbonātjoni.

Ar reabsorbijas un sekrēcijas palīdzību nierēs nodrošina ne tikai pH nemainību, bet arī noteiktu asiņu osmotisko spiedienu.

Nieres uztur asiņu pH noteiktās šaurās robežās, regulējot ūdeņraža jonu un amonjaka izdalīšanos un nātrija jonu un hidrogēncarbonātjonu reabsorbiju.

Pārskats

Mākslīgā niere jeb dialīzes aparāts palīdz attīrīt asinis. Slimnieka asinis plūst caur puscaurlaidīgām caurulēm, kuras iegremdētas dialīzes šķīdumā. Šajā šķīdumā ir sāļi un nelielas citu vielu molekulas. Koncentrācijas gradients starp asinīm un dialīzes šķīdumu ļauj atkritumvielām un liekajiem sāļiem difundēt dialīzes šķīdumā caur membrānu. Asins plazmas olbaltumvielas un asins šūnas netiek cauri membrānai. Tā kā dialīzes šķīduma tilpums ir liels, atkritumvielas nepārtraukti difundē laukā no asinīm. Šādi no cilvēka organisma 6 stundu laikā var izvadīt 50–250 g urīnvielas. Šis urīn-

vielas daudzums ievērojami pārsniedz to daudzumu, kādu var izdalīt veselas nieres. Mākslīgā niere nodrošina normālu sāļu daudzumu asinīs.

Ar ko mākslīgās nieres darbība atšķiras no dabiskās nieres? Arī cilvēka organismā asinis virzās pa caurulītēm – asinsvadiem. Protams, arī mākslīgās nieres šķīdums nesatur proteīnus un citādi ir līdzīgs asins plazmai. Asinsspiediens liek ūdenim un nelielām citu vielu molekulām virzīties cauri ļoti caurlaidīgai membrānai. Šis ir vienīgais mehānisms, kas asinīs nodrošina normālu barības vielu koncentrāciju un

osmotisko spiedienu, kā arī atbrīvo asinis no urīnvielas. Cilvēka nierēm ir nepieciešama enerģija, lai atgūtu ūdeni, sāļus un barības vielas, kas virzās laukā no organisma. Nātrija–kālija sūkņi kalpo Na^+ atgriešanai asinīs. Pateicoties tam, ūdens pasīvi atgriežas asinīs. Barības vielas, piemēram, glikoze un aminoskābes, reabsorbējas ar proteīnu pārnēsēju starpniecību. Tātad niere atšķirībā no mākslīgās nieres selektīvi atgriež asinīs organismam noderīgās molekulas. Hormoni regulē osmotisko spiedienu un sīki saskaņo, cik daudz ūdens un sāļu ir jāizdala no organisma.

Kopsavilkums

10.1. Osmotiskā spiediena regulācija

Dzīvniekiem osmotiskā spiediena regulācija ir ļoti nozīmīga. Vairumam dzīvnieku, lai nodrošinātu organisma šķīdumos normālu ūdens un sāļu daudzumu, nepieciešams sabalansēt uzņemtā un izvadītā ūdens un sāļu daudzumu. Jūras zivis nepārtraukti dzer ūdeni un izdala sāļus caur žaunām. Viņu urīns ir izotonisks. Saldūdens zivis ūdeni nekad nedzer, bet uzņem sāļus caur žaunām. Viņu urīns ir hipotonisks.

10.2. Slāpekli saturošie atkritumprodukti

Dzīvnieki izdala dažādus slāpekli saturošus atkritumproduktus, kuru veidošanai nepieciešams atšķirīgs enerģijas daudzums. Kopā ar šiem atkritumproduktiem izdalās dažāds ūdens daudzums. Ūdensdzīvnieki parasti izdala amonjaku, bet sauszemes dzīvnieki – urīnvielu vai urīnskābi.

10.3. Izvadorgāni

Vairumam dzīvnieku ir izvadorgāni. Planāriju zvaigžņveida šūnas atbrīvo organismu no liekā ūdens. Slieku nefrīdiji, līdzīgi kā mugurkaulnieku niere, izvada no asinīm vielu molekulas. Kukaiņu Malpīģija vadi uzņem vielmaiņas atkritumus un ūdeni no hemolimfas. Pēc tam ūdeni absorbē zarnu kanāls.

10.4. Cilvēka izvadorgānu sistēma

Nieres ir viens no cilvēka izvadorgānu sistēmas orgāniem. Nieres sastāv no nefroniem. Katram nefronam ir vairākas daļas un pastāvīga asins apgāde.

Urīna veidošanās procesam ir trīs daļas: spiediena radīta filtrācija, kuras laikā barības vielas, ūdens un atkritumvielas nonāk nefronu kapsulās; barības vielu un daļēja ūdens reabsorbija proksimālajos likumainajos kanāliņos; sekrēcija no distālajiem likumainajiem kanāliņiem, kuras rezultātā urīnā nonāk papildu atkritumvielas.

Cilvēki izvada hipertonusu urīnu. Nefrona cilpas augšupejošais posms aktīvi izspiež sāļus, līdz ar to nierēs serdē salīdzinājumā ar šķīdumu nefrona cilpas lejupejošā posmā un savācējkanāliņā ir hipertonusa vide. Tā kā urīnviela no savācējkanāliņa lejasdaļas iespējams nierēs serdē centrālajā daļā, tur ir visaugstākā šķīduma koncentrācija. Līdz ar to tiek nodrošināta ūdens difūzija no nefrona cilpas lejupejošā posma un savācējkanāliņa.

Ūdens daudzumu asinīs regulē trīs hormoni. Antidiurētiskais hormons, ko ražo hipofīzes mugurējā daiva, palielina savācējkanāliņa caurlaidību. Hormons izdalās, asiņu osmotiskajam spiedienam palielinoties.

Hormonu aldosteronu ražo virsnieru garoza. Tas izdalās, ja asinīs ir zema nātrija jonu koncentrācija. Zems asinsspiediens izraisa renīna izdalīšanos nierēs. Renīns izsauc angiotenzīna II veidošanos, kas savukārt liek virsnieru garozai izdalīt aldosteronu. Tā ietekmē nierēs saglabā Na^+ ; līdz ar to palielinās ūdens reabsorbija un paaugstinās asinsspiediens. Antidiurētiskā hormona un aldosterona sekrēciju pārtrauc atriālais nātriurētiskais hormons.

Nieres regulē arī asiņu pH, izdalot vai aizturot ūdeņraža jonus, amonjaku, nātrija jonus un hidrogēnkarbonātionus.

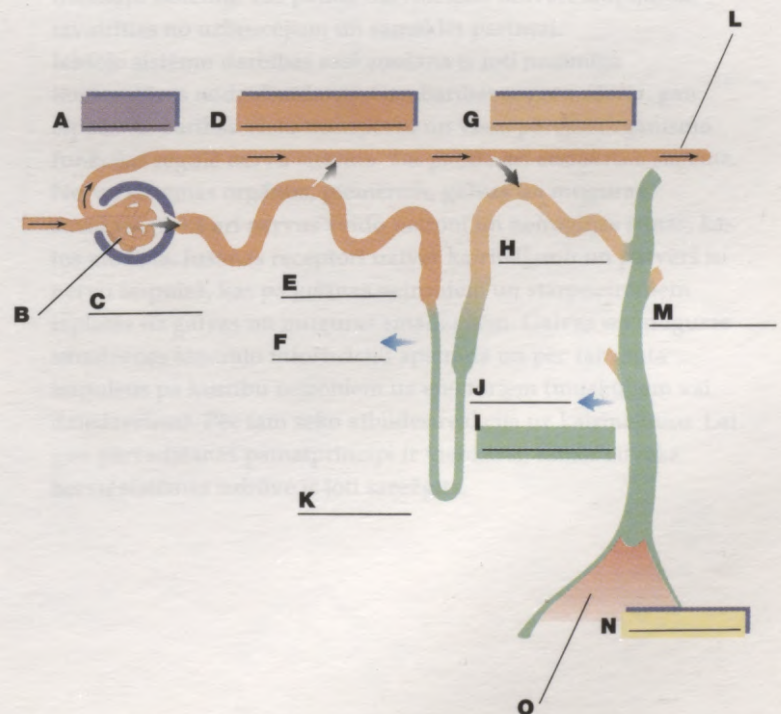
Pārbaudiet sevi

- Salīdziniet jūras zivs un saldūdens zivs osmotiskā spiediena regulāciju! 170.–171. lpp.
- Kā pārējie dzīvnieki regulē sāļu un ūdens līdzsvaru? 171. lpp.
- Kādi ir trīs slāpekļa atkritumvielu veidi? Kādā vidē dzīvo dzīvnieki, kas šos atkritumus izvada? 172. lpp.
- Kā darbojas sliekas un kukaiņa izvadorgāni? 173. lpp.
- Kādi orgāni ietilpst izvadorgānu sistēmā? Kādas funkcijas veic katrs no tiem? 174. lpp.
- Kāda ir cilvēka nieres uzbūve? Kur atrodas nefroni? 174.–175. lpp.
- Kādas ir nefrona sastāvdaļas? Kādas funkcijas veic katra daļa? 174.–175. lpp.
- Kā veidojas urīns? Kas notiek katrā nefrona daļā? 176.–177. lpp.
- Kas nodrošina ūdens reabsorbciju un urīna hipertonskumu? 178. lpp.
- Kāda ir antiurētiskā hormona, aldosterona un atriālā nātriurētiskā hormona loma urīna daudzuma regulācijā? Kā tie ietekmē asinsspiedienu? 178.–179. lpp.
- Kādā veidā nefrons regulē asiņu pH? 179. lpp.
- Kurā cilvēka orgānā **nav** atrodams urīns?
 - Resnajā zarnā
 - Urīnvadā
 - Urīnizvadkanālā
 - Urīnpūslī
- Kam ir vislielākā loma urīna hipertonskuma nodrošināšanā?
 - Asinsvadu kamoliņiem
 - Proksimālajam likumainajam kanāliņam
 - Nefrona cilpai
 - Distālajam likumainajam kanāliņam
- Kādas vielas izdalīšanu ietekmē antiurētiskais hormons?
 - Pastiprina cukuru izdalīšanu
 - Samazina ūdens izdalīšanu
 - Pastiprina ūdens izdalīšanu
 - A un C ir pareizās atbildes
- Kurš apgalvojums par ūdeni cilvēka organismā ir pareizs?
 - Tas ir atrodams asinsvadu kamoliņu filtrātā
 - Tas reabsorbējas no nefrona
 - Tas ir urīnā
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kur notiek ar spiedienu saistīta filtrācija?
 - Asinsvada kamoliņā
 - Distālajā likumainajā kanāliņā
 - Savācējkanāliņā
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kurš apgalvojums par glikozi cilvēka organismā ir pareizs?
 - Tā vienmēr ir gan filtrātā, gan urīnā
 - Tā vienmēr ir filtrātā, bet tās nav vai ir ļoti nedaudz urīnā
 - Tā rodas urīnā sekrēcijas rezultātā no kanāliņiem
 - Kanāliņi to izdala, bet urīnā tās nav
- No kādām daļām sastāv nefrons? Kādi ir urīna veidošanās posmi (shēmā apzīmēti ar taisnstūriem)?

Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

- Kura saistība **nav** pareiza?
 - Kukaiņi – urīnskābes izdalīšana
 - Cilvēks – urīnvielas izdalīšana
 - Zivis – amonjaka izdalīšana
 - Putni – amonjaka izdalīšana
- Kāda priekšrocība ir urīnvielas izdalīšanai salīdzinājumā ar urīnskābes izdalīšanu?
 - Tās veidošanai ir nepieciešams mazāk enerģijas
 - To var izvadīt koncentrētākā veidā
 - Tā nav indīga viela
 - To var izvadīt bez ūdens
- Kādā veidā saldūdens zivs nodrošina ūdens līdzsvaru?
 - Izvadot sāļus caur žaunām
 - Regulāri dzerot ūdeni nelielos daudzumos
 - Izdalot hipotonisku urīnu
 - Izdalot atkritumvielas urīnskābes veidā
- Kuri dzīvnieku orgāni var izdalīt sausas slāpekļa atkritumvielas?
 - Nefrīdiji
 - Malpīgija vadi
 - Cilvēka nieres
 - Visas atbildes ir pareizas



Papildjautājumi

1. Galvenā nozīme homeostāzes nodrošināšanā ir izvadorgānu sistēmai.
Paskaidrojiet, kā cilvēka nieres piedalās homeostāzes nodrošināšanā!
2. Dzīvnieki izmanto plūsmu pretējos virzienos, lai palielinātu vielu koncentrāciju asinīs.
Paskaidrojiet, kā plūsma pretējos virzienos zivs žaunās un cilvēka nierēs palīdz šiem organismiem pielāgoties dzīves videi!
3. Uzbūve nosaka funkcijas.
Kāda nozīme ir tam, ka distālā likumainā kanāliņa sienu veido šūnas, kurām ir daudz mitohondriju un mikrobārkstiņu?

Multimediju izmantošana

Tēmu par osmotisko regulāciju un vielu izdalīšanu palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. The Dynamic Human

Urinary System

Jēdzienu izpratne

Aldosterons	179. lpp.	Nieres	174. lpp.
Amonjaks	172. lpp.	Nieres bļodiņa	174. lpp.
Antidiurētiskais hormons	178. lpp.	Nieres garoza	174. lpp.
Asinsvadu kamoliņi	175. lpp.	Nieres serde	174. lpp.
Atriālais nātriurētiskais hormons	179. lpp.	Proksimālais likumainais kanāliņš	174. lpp.
Distālais likumainais kanāliņš	174. lpp.	Savācējkanāliņš	174. lpp.
Ekskrēcija	170. lpp.	Urīnizvadkanāls	174. lpp.
Malpīģija vadi	173. lpp.	Urīnpūslis	174. lpp.
Nefridijs	173. lpp.	Urīns	174. lpp.
Nefrona cilpa	174. lpp.	Urīnskābe	172. lpp.
Nefrona kapsula	174. lpp.	Urīnvads	174. lpp.
Nefrons	174. lpp.	Urīnviela	172. lpp.
		Zvaigžņveida šūnas	173. lpp.

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- A. _____ – aklas diegveida izvadcaurules pie kukaiņu zarnu kanāla priekšējās daļas.
- B. _____ – nefrona priekšējā kausveida daļa, kur notiek ar spiedienu saistīta filtrācija.
- C. _____ – nefrona beigu daļa, kas ir savienota ar savācējkanāliņu. Tajā notiek ekskrēcija.
- D. _____ – hormons, ko izdala virsnieru garoza. Tas regulē nātrija un kālija jonu līdzsvaru asinīs.
- E. _____ – slāpekļa atkritumprodukti, ko veido kukaiņi, rāpuļi un putni.
- F. _____ – slāpekļa atkritumprodukti, ko veido sauszemes abinieki un zidītāji.
- G. _____ – mikroskopiska nieres struktūra, kas regulē asiņu sastāvu, filtrējot tās, veicot reabsorbciju un sekreciju nefrona kanāliņos. Cilvēka nierēs to ir vairāk nekā miljons.
- H. _____ – nefrona daļa, kas atrodas starp proksimālajiem un distālajiem likumainajiem kanāliņiem. Tajā notiek ūdens reabsorbcija.
- I. _____ – nefrona daļa, kas atrodas aiz nefrona kapsulas. Tajā notiek filtrāta selektīvā reabsorbcija.
- J. _____ – cauruļveida struktūra, kas uzņem no urīnpūšļa urīnu un izvada to no organisma.

Neironi un nervu sistēma

11.

NODAĻA

Nodaļas saturs

11.1. Nervaudi

- Nervaudus veido šūnas – neironi. Tie vada nervu impulsus. Neironus balsta un aizsargā neiroglijas šūnas. 184. lpp.
- Nervu impulsi ir elektroķīmiskas pārmaiņas, kas izplatās visā neironu garumā. 186. lpp.
- Nervu impulsu pārraide starp neironiem parasti notiek ar neirotransmisīvo vielu palīdzību. 188. lpp.

11.2. Nervu sistēmas attīstība

- Salīdzinot bezmugurkaulnieku nervu sistēmas, var redzēt, ka tās kļūst sarežģītākas. 189. lpp.
- Visiem mugurkaulniekiem ir labi attīstītas smadzenes; vislielākās smadzeņu puslodes ir zidītājiem, it īpaši cilvēkam. 190. lpp.

11.3. Perifērās nervu sistēmas nervi

- Perifēro nervu sistēmu veido nervi, kas nervu impulsus no CNS vada uz visām ķermeņa daļām. 191. lpp.

11.4. Centrālā nervu sistēma – galvas un muguras smadzenes

- Centrālā nervu sistēma (CNS) kontrolē pārējās orgānu sistēmas un koordinē organisma funkcijas. 196. lpp.



Cilvēka galvas smadzeņu garozas neironi

Visu dzīvnieku (sākot ar viencelšainu tupelīti un beidzot ar zilo vali) izdzīvošana ir atkarīga no tā, kā tiek uztverta apkārtējā vide un reaģēts uz pārmaiņām tajā. Nervu sistēma apkopo visu saņemto informāciju un kontrolē skeleta un muskuļu sistēmu. Tas palīdz dzīvniekam notvert laupījumu, izvairīties no uzbrucējiem un sameklēt partneri. Iekšējo sistēmu darbības saskaņošana ir ļoti nozīmīga homeostāzes nodrošināšanai. Gan barības sagremošanu, gan elpošanu, barības vielu transportu un visas pārējās organisma funkcijas regulē nervu sistēma. Tai palīdz arī endokrīnā sistēma. Nervu sistēmas orgānus, piemēram, galvas un muguras smadzenes, kā arī nervus veido neironi un neiroglijas šūnas, kas tos atbalsta. Jušanas receptori uztver kairinājumu un pārvērš to nervu impulsā, kas pa jušanas neironiem un starpneironiem izplatās uz galvas un muguras smadzenēm. Galvas un muguras smadzenes saņemto informāciju apstrādā un pēc tam sūta impulsus pa kustību neironiem uz efektoriem (muskuļiem vai dziedzeriem). Pēc tam seko atbildes reakcija uz kairinājumu. Lai gan pārvadīšanas pamatprincipi ir vienkārši, tomēr cilvēka nervu sistēmas uzbūve ir ļoti sarežģīta.

11.1. Nervaudi

Visi sarežģītie nervaudi sastāv tikai no divu veidu šūnām – **neironiem** jeb nervu šūnām un **neiroglijas** šūnām, kas balsta un baro neironus.

Cilvēka organismā nervaudi veido **centrālo nervu sistēmu** (CNS), kas atrodas cilvēka organisma centrālajā daļā, un **perifēro nervu sistēmu**, kas atrodas organisma perifērijā jeb uz visām pusēm no CNS.

Neironi

Neironi (gr. *neuron* – nervs) ir šūnas, kuru lielums un forma var būt dažāda, bet tām vienmēr ir trīs daļas – dendriti, aksons un šūnas ķermenis. Kustību neironu (11.1. att. A) **dendriti** (gr. *dendron* – koks) ir īsi izaugumi, kuri no citiem

neironiem saņem informāciju un pārvada signālus uz organisma šūnām. **Aksons** (gr. *axon* – ass) turpretim ir garš izaugums, kas vada nervu impulsus prom no organisma šūnām. **Šūnas ķermenī** atrodas kodols un citas šūnas organellas. Viena no galvenajām šūnas ķermeņa funkcijām ir neurotransmisīvo vielu veidošana. Šīs vielas uzkrājas sekretorajos pūslīšos aksona galā. Neurotransmisīvās vielas ietekmē blakusesošo šūnu uzbudināmību.

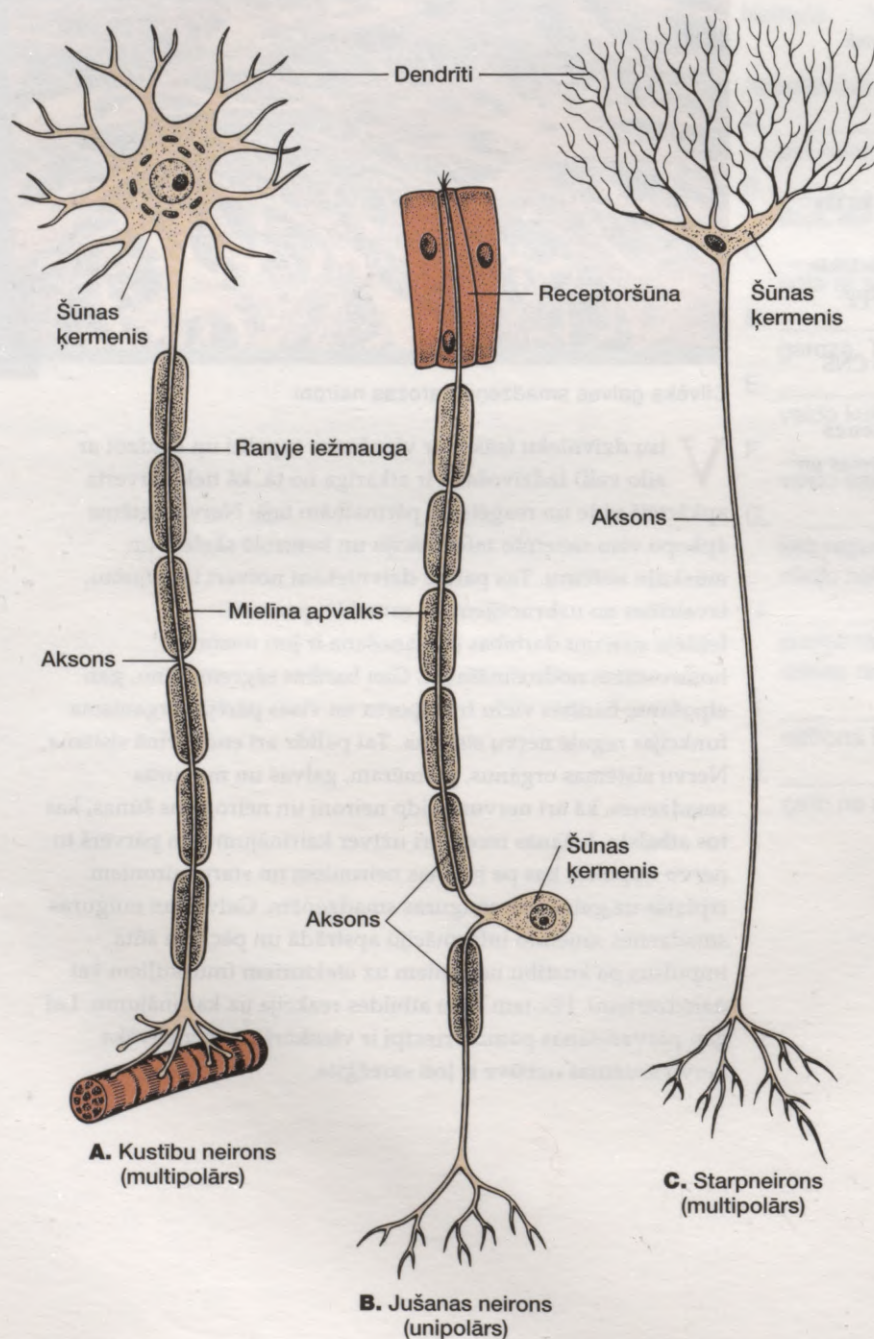
Visus garos aksonus sauc par **nervu šķiedrām**. Garie aksoni ir pārklāti ar baltu **mielīna apvalku** (gr. *myelos* – muguras smadzenes). Tas veidots no cieši savītu neiroglijas šūnu membrānām. Neiroglijas šūnas, kas atrodas perifērās nervu sistēmas rajonā, sauc par **neirolemmocītiem** jeb Švāna šūnām. Mielīna apvalkā ir spraugas – tā sauktās Ranveje iezmaugas. CNS ir cita veida neiroglijas šūnas, kas pilda līdzīgas funkcijas.

Neironu veidi

Neironus var klasificēt pēc to funkcijām un formas. **Kustību** jeb **motorie neironi** vada informāciju no CNS uz muskuļu šķiedrām vai dziedzeriem. Kustību neironi ir multipolāri, jo tiem ir daudz dendritu un tikai viens aksons (11.1. att. A). Tā kā kustību neironi izraisa muskuļu vai dziedzeru reakciju, tad saka, ka tie tos inervē.

Jušanas jeb **sensorie neironi** vada informāciju no receptoriem uz CNS. Reizēm jušanas neironu gali paši ir pārvērtušies par receptoriem (11.1. att. B). Gandrīz visi jušanas neironi ir unipolāri. No šūnas ķermeņa atējošais izaugums zarojas divās daļās. Viena daļa sasniedz perifēriju, bet otra – CNS. Tā kā abi izaugumi ir gari, klāti ar mielīna apvalku un vada nervu impulsus, tos var saukt par aksoniem.

Starpneironi (lat. *inter* – starp un gr. *neuron* – nervs) atrodas CNS. Daļa no tiem atrodas starp jušanas un kustību neironiem, bet daļa vada informāciju pa muguras smadzenēm, no muguras smadzenēm uz galvas smadzenēm un pretējā virzienā. Starpneironi veido arī galvas smadzeņu ceļus, pa kuriem realizējas domāšanas, atmiņas un runas procesi.



11.1. attēls. Neironu uzbūve

A. Kustību neironam ir zaroiti dendriti un viens garš aksons, kas zarojas tikai pašā galā. **B.** Jušanas neironam dendritiem līdzīgas struktūras atrodas vienīgi perifērā aksona galā. **C.** Starpneironam, kas savieno galvas smadzeņu garozu un smadzenītes, ir ļoti zaroiti dendriti.

Uzziniet tuvāk

► Alzheimer slimības un parkinsonisma ārstēšana

Iespējams, ka pienāks diena, kad, pateicoties zinātnes sasniegumiem, Alzheimer slimība un parkinsonisms jeb Parkinsona slimība būs ārstējama. Alzheimer slimībai raksturīgs pakāpenisks domāšanas spēju zudums. Tā sākas ar atmiņas traucējumiem, bet, slimībai attīstoties, cilvēks nespēj veikt pat visparastākos ikdienas darbus. Ikviens cilvēks 50–60 gadu vecumā var neatcerēties sen neredzēta drauga vārdu, bet slimnieks, kas slimo ar Alzheimer slimību, aizmirst vārdus pat saviem kaimiņiem, kuri viņu apmeklē diendienā. Viņš nevar iegaumēt ceļu un nespēj atcerēties, kā veicami vienkārši uzdevumi. Ar Alzheimer slimību sirgstošs cilvēks nepārtraukti uzdod vienus un tos pašus jautājumus. Pakāpeniski parādās arī citi garīgās darbības traucējumi. Cilvēks kļūst par gulošu slimnieku un bieži vien nomirst no citas slimības, piemēram, pneimonijas komplikācijām.

Neirons, kuru bojā Alzheimer slimība (11.A. att.), no vesela neirona atšķiras ar to, ka neirona kodolu ieskauj šķiedraina proteīna kūlīši jeb neirofibrilārie sabiezinājumi, bet aksona zari ir pārklāti ar proteīnus saturošu apvalku. Šādi nenormāli neironi ir atrodamī tajās smadzeņu daļās, kuras ir iesaistītas domāšanā un atmiņas veidošanā (priekšējā daiva un limbiskā sistēma). Šādus nenormālus neironus var konstatēt, izdarot smadzeņu audu analīzi tikai pēc slimnieka nāves.

Ja ģimenē kāds ir slimojis ar Alzheimer slimību, arī pēcnācējiem pastāv lielāka iespēja saslimt. Pētījumi liecina, ka ģimenēs, kurās pastāv 50 % varbūtība saslimt ar šo slimību, ģenētiski izmainīts ir 21. hromosomu pāris (tātad tāpat kā Dauna slimībai). Šis ģenētiskais defekts rada kāda proteīna sintēzes traucējumus, kuru rezultātā rodas iepriekš minētie proteīnu noslēpumi.

Izrādās, ka šiem slimniekiem smadzeņēs var būt arī neurotransmisīvās vielas

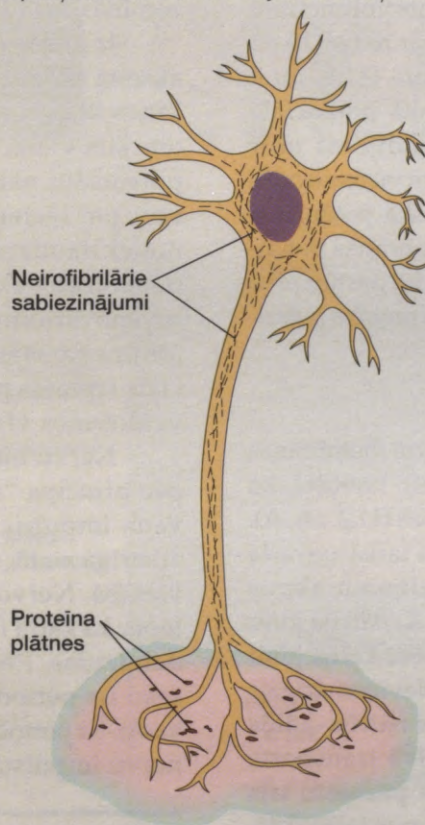
acetilholeīna apgādes traucējumi un ka viņi nevar lietot zāles, kas pastiprina šīs vielas veidošanos.

Parkinsonisms parasti attīstās cilvēkiem pusmūžā (pēc 60 gadu vecuma). Slimībai ir trīs acīmredzamas pazīmes – kustību gausums, trīce un stīvums. Slimnieks iet sīkiem, šļūcošiem soļiem, nevēzējot rokas. Toties visu laiku, pat tad, kad cilvēks atrodas miera stāvoklī, notiek gribai nepakļauta roku trīce. Sejas muskuļu ne-

kustīgums piešķir tai maskas izskatu, lai gan slimnieka acis tiek bieži mirkšķinātas. Visi šie slimības simptomi rodas tāpēc, ka deģenerējas neironi, kuri ražo neurotransmisīvo vielu dopamīnu. Dopamīns ir nepieciešams normālai muskuļu darbības koordinēšanai.

Parkinsonisma cēloņi nav zināmi. Lai gan atsevišķas ģimenes šī slimība skar biežāk nekā citas, tomēr pastāv varbūtība, ka viens no identiskajiem dvīņiem saslimst ar šo slimību, bet otrs ne. Pastāv uzskats, ka parkinsonisms nav iedzimta slimība. Slimībai raksturīgie simptomi reizēm parādās pēc saindēšanās ar tvana gāzi, pēc encefalīta (galvas smadzeņu iekaisuma) vai dažu narkotiku lietošanas.

Dopamīnu nevar lietot kā zāles, jo tas no asinīm nespēj pāriet smadzeņēs. Ar asins kapilāriem saistītās neiroglijas šūnas neļauj daudzām vielām iekļūt smadzeņēs. Ir viela (L-dopamīns), kura no asinīm nonāk smadzeņēs un tur pārvēršas par dopamīnu. Pēdējā laikā to iesaka lietot ar parkinsonismu sirgstošajiem. Diemžēl šī viela zaudē savu terapeitisko efektu, ja slimniekam jau ir atmirušas ļoti daudzas dopamīnu izdalošās šūnas. Dažiem ar parkinsonismu sirgstošajiem slimniekiem ir mēģināts pārstādīt neironus, veicot smagu operāciju, kuras laikā smadzeņēs tiek implantētas šīs šūnas. Zinātnieki meklē alternatīvus variantus, mēģinot kultivēt dažādas neironu šūnas, piemēram, cūkas šūnas. Tiek meklētas jaunas iespējas, kā ārstēt Alzheimer slimību un pasargāt no saslimšanas ar parkinsonismu. Ir atklāts, ka neiroglijas šūnas ražo proteīnus, kurus lielā daudzumā var iegūt no baktērijām ar ģēnu inženierijas palīdzību. Uzskata, ka nervu augšanas faktoru var izmantot Alzheimer slimības ārstēšanai, bet no neiroglijas šūnām iegūtu proteīnu sāk lietot parkinsonisma ārstēšanai. Ja ar šo zāļu palīdzību izdosies pārtraukt smadzeņu šūnu bojāšanos, varēs izmantot jaunus papildu ārstēšanas paņēmienus.



11.A. attēls. Alzheimer slimība
Alzheimer slimības gadījumā neironiem ir proteīna sabiezinājumi un proteīna plāksnes. Slimības skartie neironi atrodas pieres daivā un limbiskajā sistēmā. Tas izraisa Alzheimer slimības simptomu rašanos.

Nervu impulsu pārvadīšana

Itāliešu pētnieks L. Galvāni 1786. gadā atklāja, ka elektriskā strāva var uzbudināt nervu. Vēlāk noskaidrojās, ka nervu impulsa pārvadi nevar izskaidrot ar elektronu vai elektrības plūsmu tajos, jo tad šī pārvade notiktu daudz lēnāk. 19. gadsimta sākumā Dž. Bernšteins (Vācijā, Halles Universitātē) izteica domu, ka nervu impulss tiek pārvadīts elektroķīmiskā ceļā, pateicoties abās aksona plazmatiskās membrānas pusēs nevienmērīgi izvietoto jonu kustībai. Vēlāk pētnieki izstrādāja tehnoloģiju, kas ļāva viņiem apstiprināt šo hipotēzi. Angļu neirofiziologi A. Hodžkins un E. Hakslijs 1963. gadā saņēma Nobela prēmiju par pētījumiem šajā jomā. Kopā ar pētnieku grupu, kuru vadīja K. Kols un J. Kērtiss (Masačūsetsā), viņi iemontēja kalmāra *Logio* gigantiskajā aksonā ļoti niecīgu elektrodu. Šis iekšējais elektrods tika pievienots voltmetram un osciloskopam – ierīcei ar ekrānu, uz kura var redzēt likni, kas raksturo sprieguma pārmaiņas laika gaitā (11.2. att.). Spriegums ir lielums, kas raksturo elektriskā potenciāla starpību starp diviem punktiem, un šajā gadījumā tā ir potenciālu starpība starp elektrodiem, no kuriem viens atrodas aksona iekšpusē, bet otrs – ārpus tā. Elektriskā potenciāla starpību membrānas abās pusēs sauc par membrānas potenciālu. Ja pastāv potenciālu starpība, var teikt, ka pastāv plus un mīnus poli. Osciloskops uzrāda polaritāti un reģistrē polaritātes pārmaiņas.

Miera potenciāls

Kad aksons nevada impulsu, osciloskops reģistrē membrānas potenciālu, kas ir aptuveni – 65 mV (milivolti), norādot, ka neirona iekšiene ir negatīvāka par vidi ārpus šūnas (11.2. att. A). To sauc par **miera potenciālu**, jo neirons tā laikā nevada impulsu. Polaritāte ir saistīta ar jonu sadalījumu abpus aksona membrānai. Kā redzams 11.2. attēlā A, nātrija jonu (Na^+) koncentrācija ir lielāka ārpus aksona, bet kālija jonu (K^+) koncentrācija ir lielāka aksona iekšpusē. Nevienmērīgais šo jonu sadalījums ir daļēji izskaidrojams ar nātrija–kālija sūkņa darbību. Nātrija–kālija sūknis ir aktīvā transporta sistēma plazmatiskajās membrānās, kuras pārvieto trīs nātrija jonus ārā no aksona un divus kālija jonus tajā iekšā. Šis sūknis strādā nepārtraukti, jo membrāna šos jonus laiž cauri un joni cenšas difundēt to mazākās koncentrācijas virzienā. Ārpus šūnas vienmēr ir vairāk pozitīvo jonu nekā šūnā, jo membrāna vairāk laiž cauri kālija jonus nekā nātrija jonus. Tas rada polaritāti, kuru reģistrē osciloskops. Aksona citoplazmā ir arī lielas negatīvi lādētas proteīnu molekulas, tāpēc kopsummā citoplazmai ir – 65 mV (salīdzinājumā ar audu šķidrums). Tas ir miera potenciāls.

Darbības potenciāls

Darbības potenciāls parādās kā membrānas potenciāla straujas pārmaiņas, kas ir redzamas osciloskopa ekrānā (11.2. att. B). Darbības potenciāla nodrošināšanai ir nepieciešami divu veidu kanāli, ko izklāj proteīni. Viena veida kanāli ļauj cauri membrānai izkļūt nātrija joniem (Na^+), bet otra veida kanāli – kālija joniem (K^+). Abu veidu kanāliem ir vārti. Nātrija

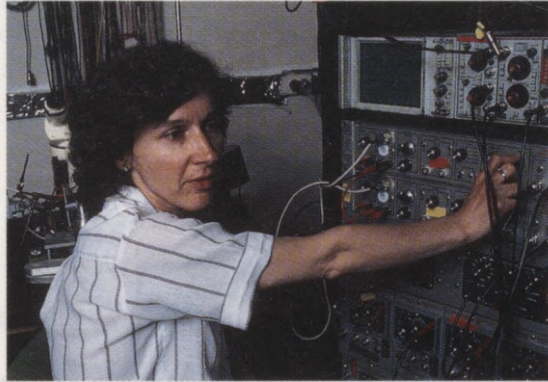
kanāliem ir vārti, ko sauc par nātrija vārtiem, bet kālija kanāliem ir vārti, ko sauc par kālija vārtiem. Darbības potenciāls rodas tikai tad, ja ir sasniegta noteikta sliekšņa vērtība. Sliekšnis ir minimālā membrānas polaritātes pārmaiņa, kas ir nepieciešama, lai rastos darbības potenciāls. **Depolarizācijas** laikā noteikts rajons neirona iekšienē kļūst negatīvs, jo notiek strauja nātrija jonu izplūšana. Sliekšņa polarizācijas veidošanās laikā atveras daudzi nātrija kanāli un rodas darbības potenciāls. Kad nātrija joni strauji šķērso membrānu un nonāk tās iekšienē, darbības potenciāls strauji pārmainās un ir +40 mV iepriekšējo – 65 mV vietā. Šī polaritātes maiņa liek nātrija kanāliem aizvērties un kālija kanāliem atvērties. Tad kālija joni sāk pārvietoties no aksona laukā. Kad kālija joni pamet aksonu, notiek **repolarizācija**, jo potenciāls pazeminās no +40 mV līdz – 65 mV.

Ja aksons nav mielinizēts, darbības potenciāls vienā aksona membrānas vietā izraisa darbības potenciāla rašanos blakus rajonos. Mielinizētās šķiedrās darbības potenciāls vienā neirofibrillu krustpunktā izraisa darbības potenciālu nākamajā krustpunktā. Šādu pārvades veidu sauc par **lēcieneida vadīšanu** (lat. *saltator* – lēkātājs). Tā notiek daudz straujāk nekā citi pārvades veidi. Tievos, nemielinizētos aksonos darbības potenciāls pārvietojas ar aptuveno ātrumu 1 m/s, bet resnos, mielinizētos aksonos šis ātrums pārsniedz 100 m/s. Abos gadījumos darbības potenciāls izplatās pats – tas izraisa tālākā darbības potenciāla veidošanos visa aksona garumā.

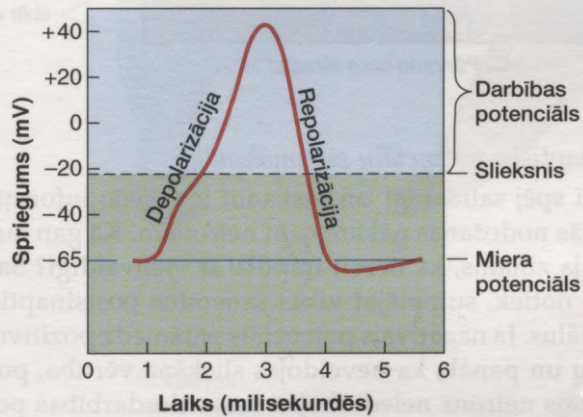
Nervu impulsu (darbības potenciāla) pārvade notiek pēc principa “visu vai neko”. Tātad nervu šķiedra vai nu vada impulsu, vai arī to nevada. Pārvades intensitāte ir atkarīga no tā, cik daudzi darbības potenciāli veidojas laika vienībā. Nervu šķiedra var vadīt veselu impulsu straumi, tāpēc ka katra impulsa laikā tiek apmainīts tikai neliels jonu daudzums. Pēc tam kad impulss ir pārvadīts pa šķiedru, seko īss periods, kura laikā nervu šķiedra impulsu nespēj vadīt. Šā perioda laikā nātrija vārti neatveras. Tas nodrošina nervu impulsu pārvadi tikai vienā virzienā.

Visi neironi nervu impulsu vada vienā veidā – mainoties potenciālam aksona membrānas abās pusēs. Šiem impulsiem piemīt pašizplatīšanās.

11.2. Nervu sistēmas attīstība



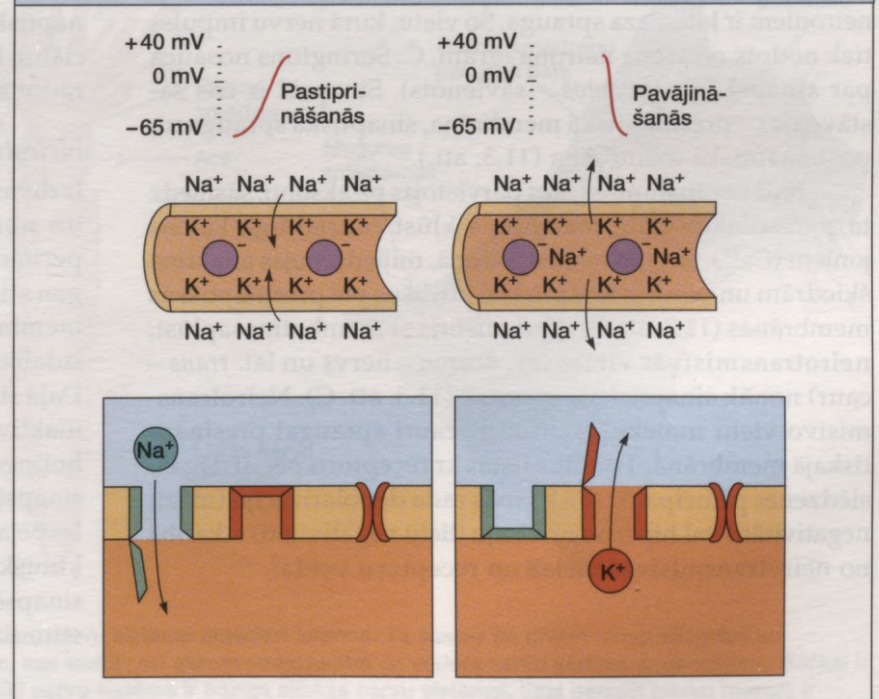
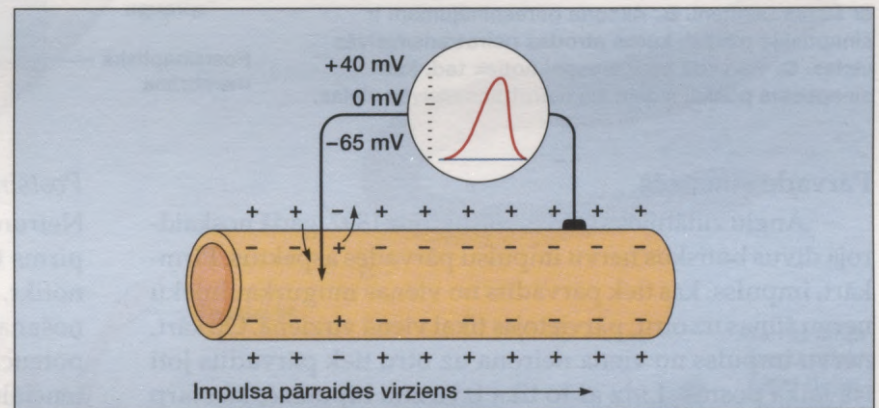
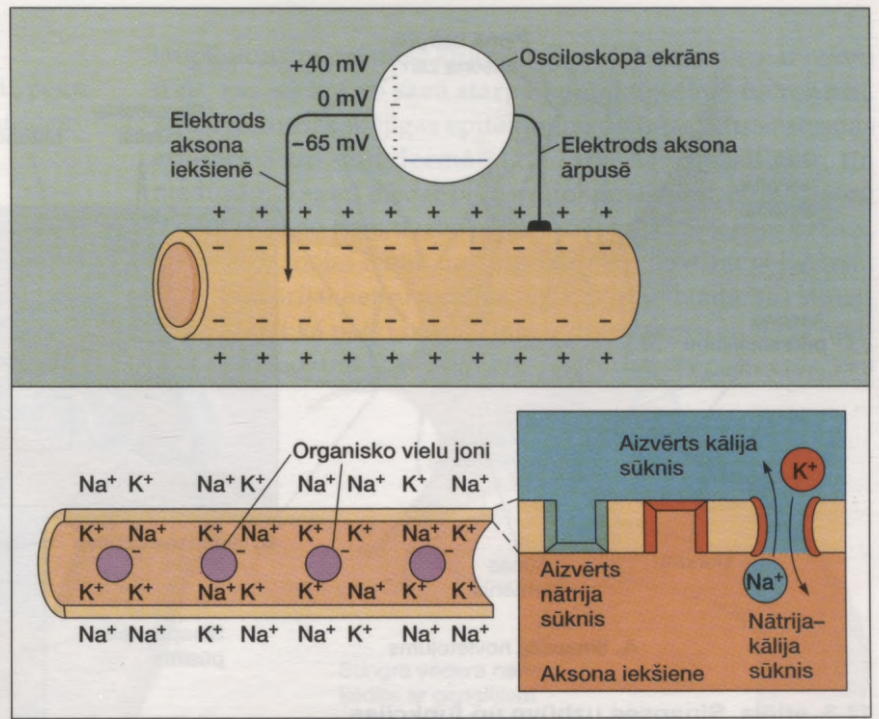
A. Miera potenciāls

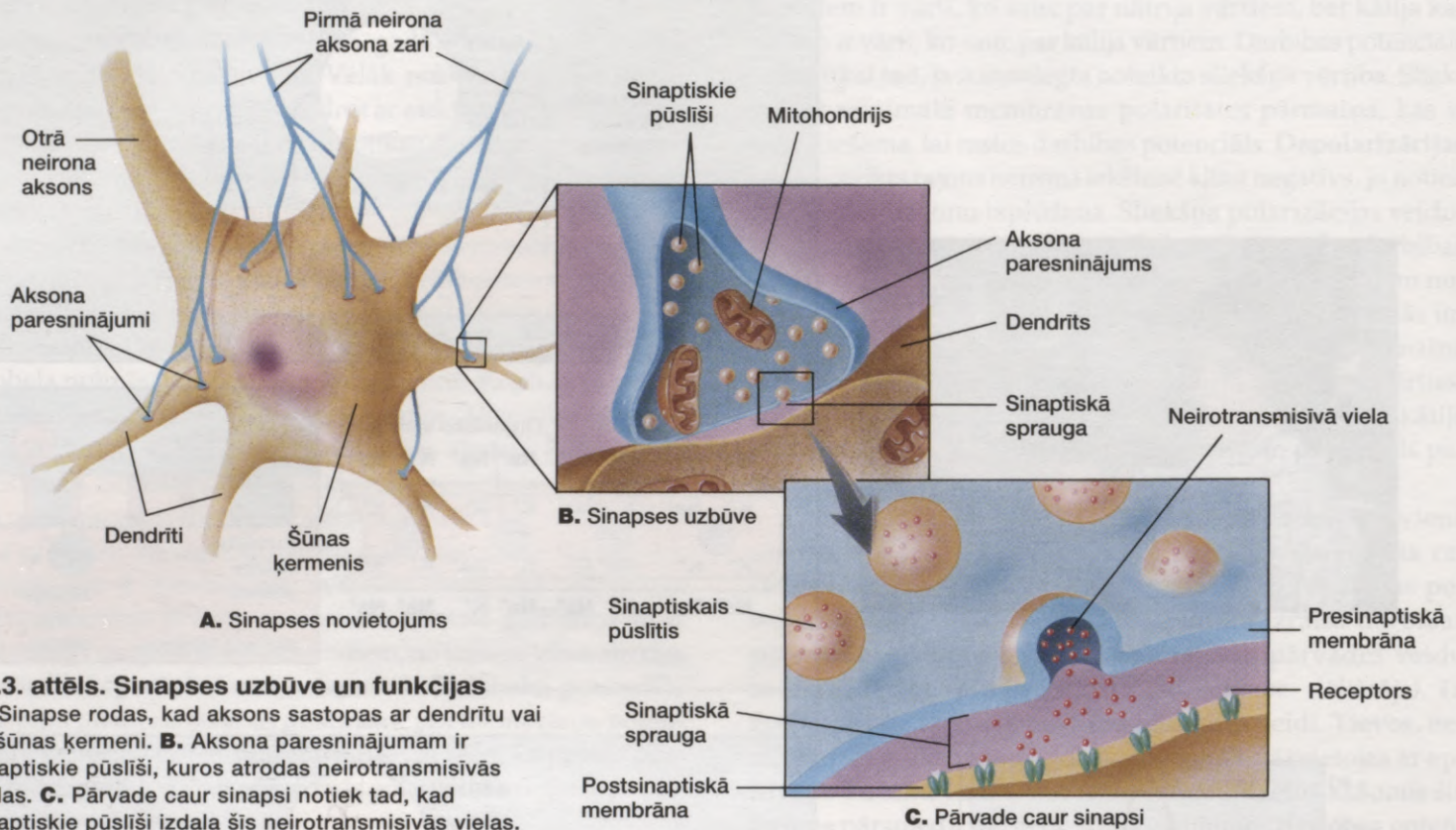


B. Darbības potenciāls

11.2. attēls. Miera un darbības potenciāls

A. Miera potenciāls. Fotografijā redzamais osciloskops reģistrē miera potenciālu - 65 mV, jo šķiedras iekšienē ir lieli organisko vielu joni. Pateicoties nātrija-kālija sūknim, abās membrānas pusēs ir izveidojies nevienmērīgs Na⁺ un K⁺ sadalījums. **B. Darbības potenciāls** (parādīts palielināts). Na⁺ virzīšanās šķiedrā iekšā izraisa depolarizāciju, bet K⁺ virzīšanās laukā no šķiedras - repolarizāciju.





11.3. attēls. Sinapses uzbūve un funkcijas

A. Sinapse rodas, kad aksons sastopas ar dendritu vai ar šūnas ķermeni. **B.** Aksona pāresnājumam ir sinaptiskie pūslīši, kuros atrodas neurotransmisīvās vielas. **C.** Pārvade caur sinapsi notiek tad, kad sinaptiskie pūslīši izdala šīs neurotransmisīvās vielas.

Pārvade sinapsēs

Angļu zinātnieks Čārlzs Šeringtons 1897. gadā noskaidroja divus būtiskus nervu impulsu pārvades aspektus. Pirmkārt, impulss, kas tiek pārvadīts no vienas mugurkaulnieku nervu šūnas uz otru, pārvietojas tikai vienā virzienā. Otrkārt, nervu impulss no viena neirona uz otru tiek pārvadīts ļoti īsā laika posmā. Līdz ar to tika izvirzīta hipotēze, ka starp neironiem ir ļoti maza sprauga. Šo vietu, kurā nervu impulss tiek nodots no viena neirona otram, Č. Šeringtons nosauca par **sinapsi** (gr. *synaptos* – savienots). Sinapsei ir trīs sastāvdaļas – presinaptiskā membrāna, sinaptiskā sprauga un postsinaptiskā membrāna (11.3. att.).

Kad nervu impulss, kas pārvietojas pa aksonu, sasniedz tā pāresnāto galu, membrāna kļūst caurlaidīga kalcija joniem (Ca^{2+}). Šie joni iekļūst aksonā, mijiedarbojas ar aktīna šķiedrām un pievelk sinaptiskos pūslīšus pie presinaptiskās membrānas (11.3. att. B). Kad pūslītis ar membrānu saplūst, **neurotransmisīvās vielas** (gr. *neuron* – nervs un lat. *trans* – caur) nonāk sinaptiskajā spraugā (11.3. att. C). Neurotransmisīvo vielu molekulas difundē cauri spraugai presinaptiskajā membrānā. Tur tās saistās ar receptoru pēc atslēgas-slēdzenes principa. Šī saistīšanās rada depolarizāciju (mazu negativitāti) vai hiperpolarizāciju (lielu negativitāti) atkarībā no neurotransmisīvās vielas un receptoru veida.

Postsinaptisko potenciālu summēšanās

Neironi spēj salīdzināt un saskaņot ienākošo informāciju pirms tās nodošanas nākamajam neironam. Kā gan tas var notikt, ja zināms, ka nervu impulsi ir vienveidīgi? Saskaņošana notiek, summējot visus saņemtos postsinaptiskos potenciālus. Ja negatīvais potenciāls pārsniedz pozitīvo potenciālu un panāk, ka neveidojas sliekšņa vērtība, postsinaptiskais neirons neiedarbojas (neveido darbības potenciālu). Ja pozitīvais potenciāls pārsniedz negatīvo potenciālu, radot sliekšņa vērtību, neirons iedarbojas.

Neurotransmisīvo vielu ātrā iedarbība

Ir divas ļoti izpētītas neurotransmisīvās vielas – **acetilholīns** un **norepinefrīns** jeb noradrenalīns. Tās darbojas gan perifērajā, gan centrālajā nervu sistēmā. Tās var iedarboties gan stimulējoši, gan kavējoši – atkarībā no postsinaptiskās membrānas receptoru veida. Neurotransmisīvā viela, kas ir izdalījusies sinaptiskajā spraugā, spēj darboties tikai īsu brīdi. Daļā sinapsu sinaptiskā sprauga satur enzīmus, kuri strauji inaktivē neurotransmisīvās vielas. Piemēram, enzīms acetilholīnesterāze jeb holīnesterāze noārda acetilholīnu. Citās sinapsēs sinapses gals strauji absorbē neurotransmisīvo vielu. Iespējams, ka to no jauna nogādā sinaptiskajos pūslīšos vai ķīmiski noārda. Neirosinaptisko vielu īslaicīgā atrašanās sinapsē pasargā postsinaptisko membrānu no nepārtrauktas stimulācijas.

11.2. Nervu sistēmas attīstība

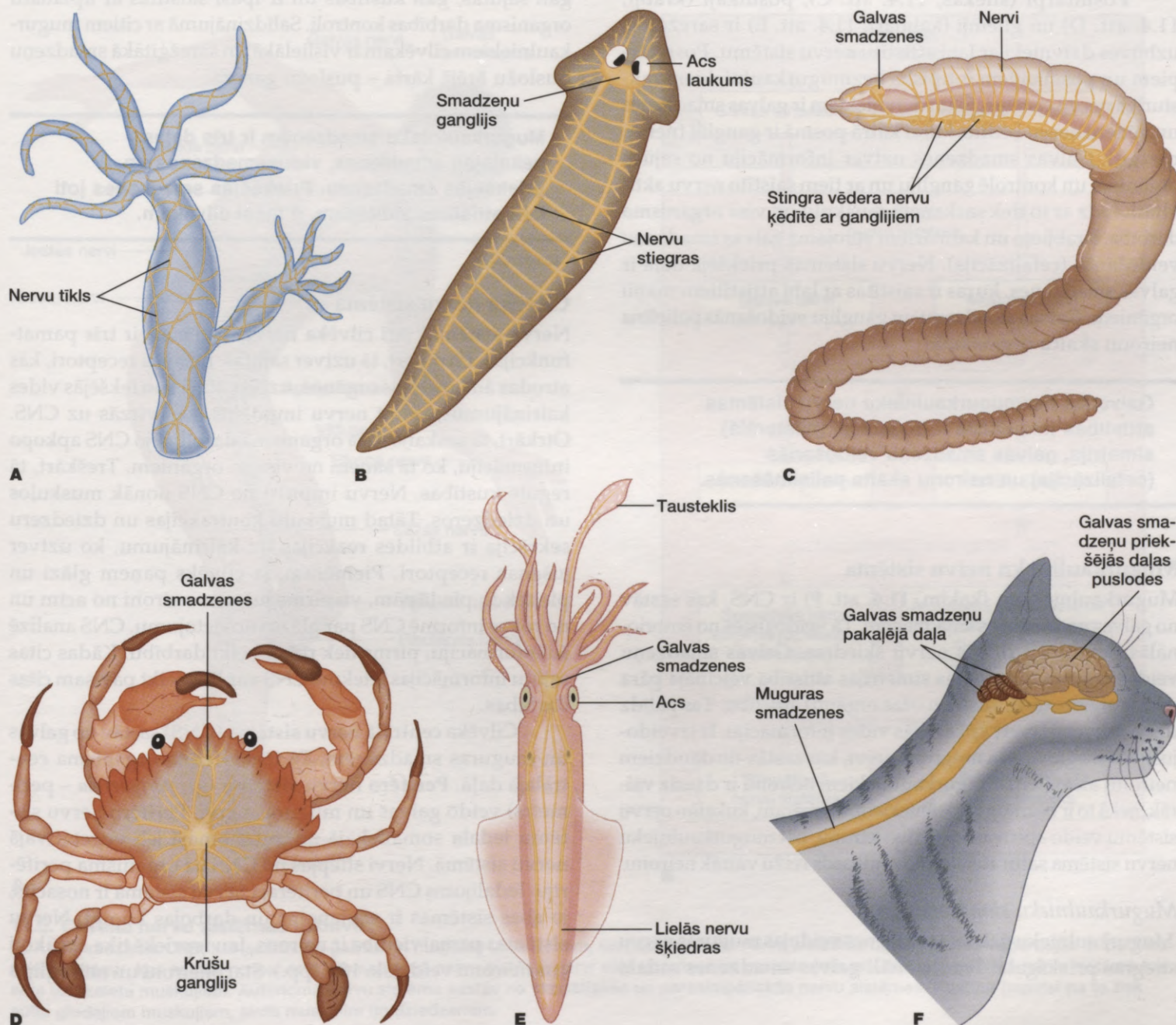
Nervu sistēmas evolucionāro attīstību ir iespējams izziņāt, pētot dzīvniekus. Vissarežģītākā nervu sistēma ir mugurkaulniekiem.

Bezmugurkaulnieku nervu sistēma

Pat sūkļi, kuri sastāv no atsevišķām šūnām, spēj atbildēt uz ārējās vides kairinājumu. Visvienkāršāk novērojamā atbildes reakcija ir centrālās atveres aizvēršana. Hidrām, kuras pieder pie zarndobumainiem, ir audi. Viņas spēj sarauties un izstiepties, kustināt taustekļus, lai satvertu

laupījumu, un pat mest kūleņus. Zarndobumainiem ir nervu tīkls, kas sastāv no savā starpā kontaktējošiem neironiem, kā arī sarauties spējīgas epitēlijmuskuļšūnas, kuras atrodas epidermā un entodermā (11.4. att. A). Jūraslilijām un medūzām, kas arī pieder pie zarndobumainiem, ir divi nervu tīkli. Viens no tiem darbojas ātri un palīdz briesmu brīžos, bet otrs darbojas lēnāk un kalpo smalku kustību veikšanai.

Planārijai nervu sistēma ir divpusēji (bilaterāli) simetriska (tāpat kā pats tārps). Viņai ir divas nervu stiegras (neironu sakopojumi abās ķermeņa pusēs) un šķērsstiegras, kas



11.4. attēls. Nervu sistēmas evolūcija

A. Hidras (zarndobumainis) nervu tīkls. **B.** Planārijas (plakantārps) nervu sistēma atgādina kāpnes. Tā sastāv no divām nervu stiegrām un šķērsstiegrām. **C.** Sliekai (posmtārps) ir centrālā nervu sistēma, kas sastāv no galvas smadzenēm un vēdera nervu ķēdītes ar ganglijiem. Sliekai ir arī perifērā nervu sistēma, ko veido nervi. **D.** Krabim (posmkājis) nervu sistēma ir līdzīga sliekas nervu sistēmai, tikai gangliji (nervu mezgli) ir lielāki. **E.** Kalmāram (molusks) ir galvas smadzenes ar attīstītām, lielām nervu šķiedrām, kuras rada straujas muskuļu kontrakcijas. Pateicoties tām, kalmārs var ātri pārvietoties. **F.** Kaķim, tāpat kā pārējiem mugurkaulniekiem, muguras smadzenes ir daļa no centrālās nervu sistēmas.

šis stiegras savieno. Šis sakārtojums atgādina kāpnes. Planārijai notiek galvas smadzeņu veidošanās (cefalizācija), jo viņai ir priekšējais smadzeņu ganglijs, kas uztver informāciju no acu laukumos esošajiem fotoreceptoriem (11.4. att. B). Divas gareniskās nervu stiegras nodrošina ātru informācijas pārvadi no galvas smadzenēm uz ķermeņa pakalgalu, bet šķērsstiegras saskaņo abu ķermeņa pušu kustības. Divpusējā simetrija un galvas smadzeņu veidošanās ir divi veidi, kā nervu sistēmas uzbūve ir pielāgota aktīva dzīvesveida nodrošināšanai. Planārijas nervu sistēmai ir centrālās (smadzeņu ganglijs un nervu stiegras) un perifērās (šķērsstiegras) nervu sistēmas iezīmes.

Posmtārpi (sliekas, 11.4. att. C), posmkāji (krabji, 11.4. att. D) un gliemji (kalmāri, 11.4. att. E) ir sarežģītas uzbūves dzīvnieki ar labi attīstītu nervu sistēmu. Posmtārpiem un posmkājiem ir tipiska bezmugurkaulniekiem raksturīga nervu sistēma. Šiem dzīvniekiem ir galvas smadzenes un vēdera nervu ķēdīte, kurai katrā posmā ir gangliji (nervu mezgli). Galvas smadzenes uztver informāciju no sajūtu orgāniem un kontrolē gangliju un ar tiem saistīto nervu aktivitāti. Līdz ar to tiek saskaņota muskuļu un visa organisma darbība. Krabjiem un kalmāriem vērojama galvas smadzeņu veidošanās (cefalizācija). Nervu sistēmas priekšējā daļa ir galvas smadzenes, kuras ir saistītas ar labi attīstītiem maņu orgāniem. Galvas smadzeņu un gangliju veidošanās palielina neironu skaitu organismā.

Galvenās bezmugurkaulnieku nervu sistēmas attīstības tendences ir divpusējā (bilaterālā) simetrija, galvas smadzeņu veidošanās (cefalizācija) un neironu skaita palielināšanās.

Mugurkaulnieku nervu sistēma

Mugurkaulniekiem (kaķim, 11.4. att. F) ir CNS, kas sastāv no galvas un muguras smadzenēm. Tā veidojusies no embrionālās mugurējās dobās nervu šķiedras. Galvas smadzeņu veidošanās un divpusējās simetrijas attīstība veicināja pāra maņu orgānu (acu, ausu un ožas orgānu) attīstību. Tas palīdz dzīvniekam uztvert apkārtējās vides informāciju. Ir izveidojušies pāra galvas un muguras nervi, kas sastāv no daudziem neironu aksoniem. Mugurkaulniekiem neironu ir daudz vairāk, nekā to ir bezmugurkaulniekiem. Piemēram, kukaiņu nervu sistēmu veido aptuveni miljons neironu, bet mugurkaulnieku nervu sistēma satur tūkstoš līdz miljards reižu vairāk neironu.

Mugurkaulnieku smadzenes

Mugurkaulnieku galvas smadzenes veidojas muguras nervu stiegras priekšgalā. Tradicionāli galvas smadzenes sadala

pakaļējās smadzenēs, vidussmadzenēs un priekšsmadzenēs. Gandrīz visiem mugurkaulniekiem ir labi attīstītas pakaļējās smadzenes, kas regulē gribai nepakļauto orgānu darbību. Piemēram, cilvēkam plaušas un sirds darbojas arī tad, kad viņš guļ. Pakaļējās smadzenes kalpo arī kustību koordinācijas, piemēram, locekļu kustību, pozas un līdzsvara nodrošināšanai. Redzes daivas ir vidussmadzeņu sastāvdaļa. Tās sākotnēji bija centrs, kas koordinēja redzes atbildes refleksus. Priekšsmadzenes informāciju saņem no vidussmadzenēm un no pakaļējām smadzenēm un regulē to darbību. Smadzeņu puslodes, kuras zīdītājiem ir ļoti labi attīstītas, analizē gan sajūtas, gan kustības un ir īpaši saistītas ar apzinātu organisma darbības kontroli. Salīdzinājumā ar citiem mugurkaulniekiem cilvēkam ir vislielākā un sarežģītākā smadzeņu pusložu ārējā kārta – pusložu garoza.

Mugurkaulnieku smadzenēm ir trīs daļas – pakaļējās smadzenes, vidussmadzenes un priekšējās smadzenes. Priekšējās smadzenes ļoti labi attīstītas zīdītājiem, it īpaši cilvēkam.

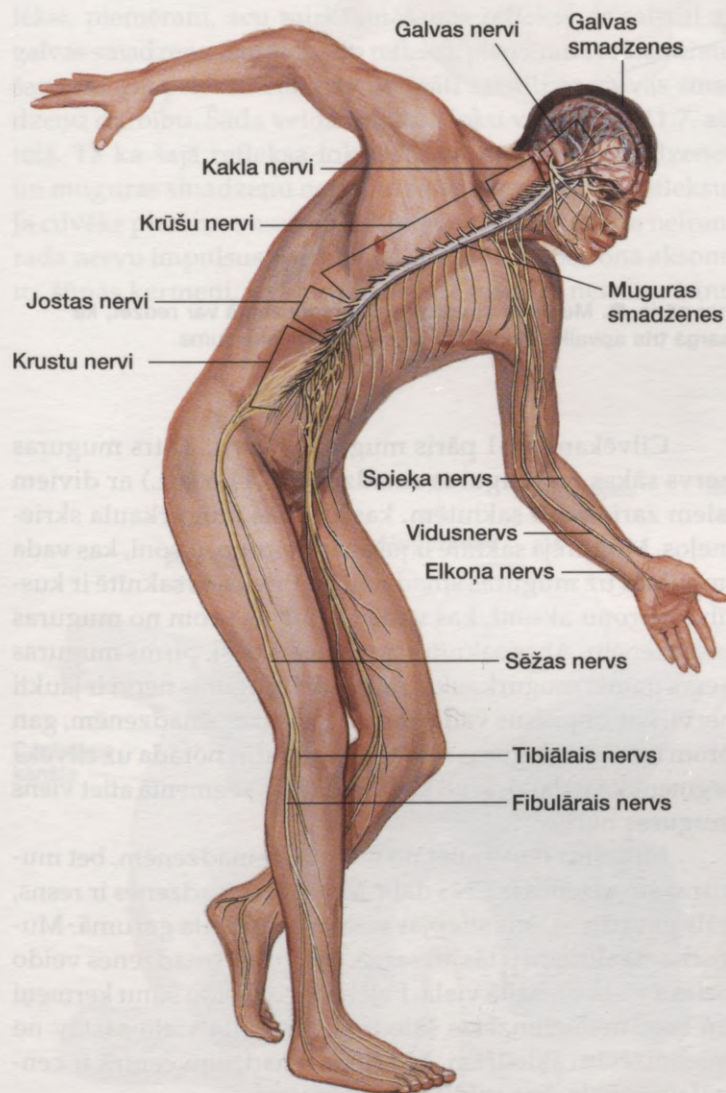
Cilvēka nervu sistēma

Nervu sistēmai (arī cilvēka nervu sistēmai) ir trīs pamatfunkcijas. Pirmkārt, tā uztver sajūtas. Jušanas receptori, kas atrodas ādā un citos orgānos, uztver ārējās un iekšējās vides kairinājumus, radot nervu impulsus, kas virzās uz CNS. Otrkārt, tā saskaņo visa organisma darbību, jo CNS apkopo informāciju, ko tā saņem no visiem orgāniem. Treškārt, tā regulē kustības. Nervu impulsi no CNS nonāk muskuļos un dziedzeros. Tātad muskuļu kontrakcijas un dziedzeru sekrēcija ir atbildes reakcijas uz kairinājumu, ko uztver jušanas receptori. Piemēram, ja cilvēks paņem glāzi un pieliek to pie lūpām, vispirms jušanas neironi no acīm un no rokas informē CNS par glāzes novietojumu. CNS analizē šo informāciju, pirms liek rokai veikt darbību. Kādas citas sajūtu informācijas ietekmē CNS var likt veikt pavisam citas darbības.

Cilvēka centrālā nervu sistēma (CNS) sastāv no galvas un muguras smadzenēm. Tā ir novietota organisma centrālajā daļā. **Perifēro nervu sistēmu** (gr. *periphēria* – perimetrs) veido galvas un muguras nervi. Perifēro nervu sistēmu iedala somatiskajā un autonomajā jeb veģetatīvajā nervu sistēmā. Nervi stiepjas no CNS uz organisma perifēriju. Iedalījums CNS un perifērajā nervu sistēmā ir nosacīts, jo abas sistēmas ir savienotas un darbojas kopīgi. Nervu sistēmas pamatvienība ir neirons. Jau iepriekš tika aplūkoti trīs neironu veidi (sk. 184. lpp.). Starpneironi un neuroglijas

šūnas aizņem CNS lielāko daļu. Nervu šūnu sakopojumus CNS sauc par **kodoliem**. Kustību un jušanas neironu aksoni veido nervus. Šo neironu šūnu ķermeņi atrodas CNS vai arī nervu ganglijos (mezglos). **Gangliji** (gr. *ganglion* – izcilnis zem ādas) ir nervu šūnu ķermeņu sakopojumi perifērajā nervu sistēmā.

Nervu sistēma pilda savas funkcijas, saskanīgi darbojoties centrālajai nervu sistēmai un perifērajai nervu sistēmai.



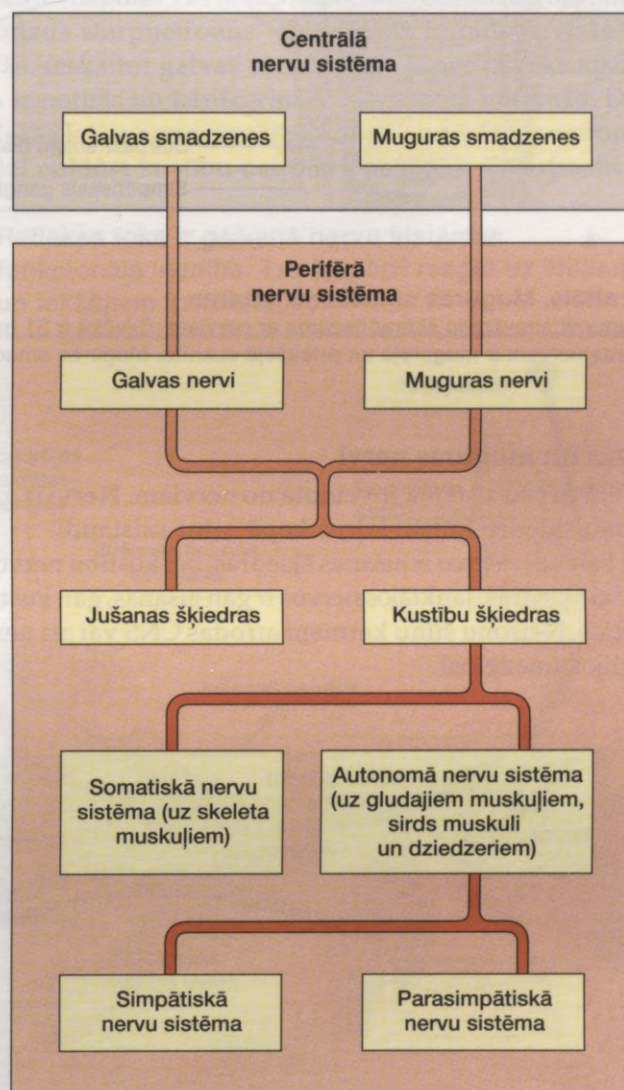
A

11.5. Cilvēka nervu sistēmas uzbūve

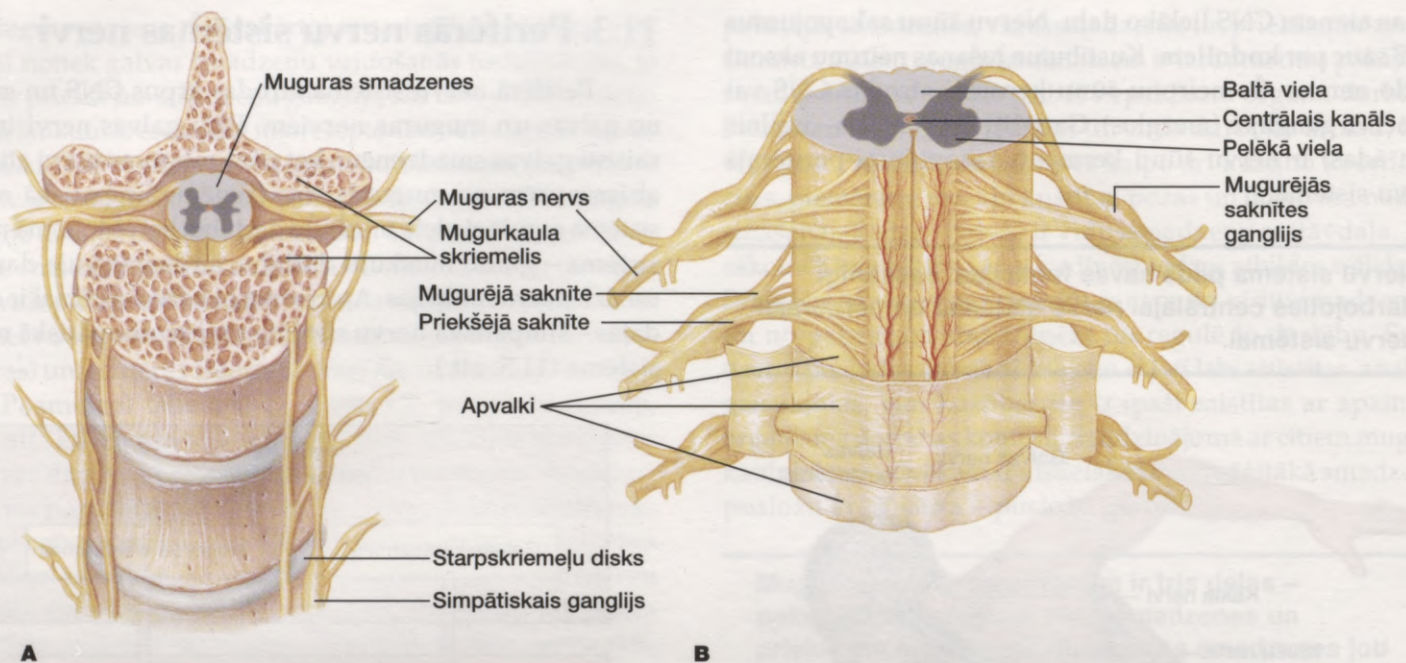
A. Attēlā redzama CNS, kas sastāv no galvas un muguras smadzenēm, un daži perifērās nervu sistēmas nervi. **B.** CNS sadarbojas ar perifēro nervu sistēmu, kas sastāv no nerviem. Somatiskajā nervu sistēmā nervi sūta impulsus no receptoriem uz CNS, bet perifērajā nervu sistēmā tos sūta uz skeleta muskuļiem. Autonomā nervu sistēma sastāv no simpātiskās un parasimpātiskās nervu sistēmas. Kustību impulsi pa to tiek sūtīti gludajiem muskuļiem, sirds muskulim un dziedzeriem.

11.3. Perifērās nervu sistēmas nervi

Perifērajā nervu sistēmā atrodas ārpus CNS un sastāv no galvas un muguras nerviem. Pāra galvas nervi ir piesaistīti galvas smadzenēm, bet pāra muguras nervi atiet uz abām pusēm no muguras smadzenēm. Simpātiskajā nervu sistēmā regulē skeleta muskuļu darbību, bet autonomā nervu sistēmā – gludo muskuļu darbību, sirds muskuļa darbību un dziedzeru funkcijas. Autonomajai nervu sistēmai ir divas daļas – simpātiskā nervu sistēma un parasimpātiskā nervu sistēma (11.5. att.).



B



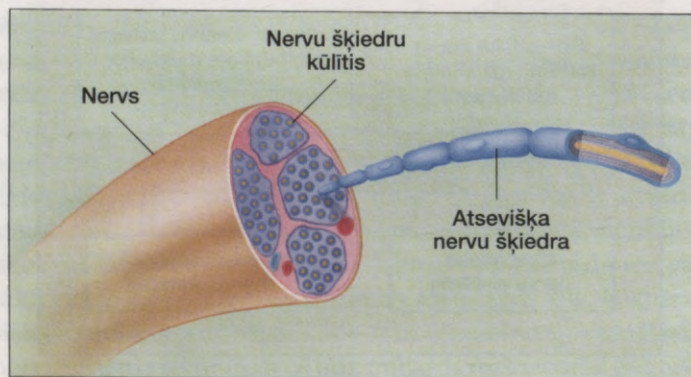
11.6. attēls. Muguras smadzeņu uzbūve

A. Muguras smadzeņu šķērsgriezums ar nerviem. Cilvēkā ir 31 muguras nervu pāris. **B.** Muguras smadzeņu šķērsgriezumā var redzēt, ka muguras nervam ir mugurējā un priekšējā saknīte. Muguras smadzenes aizsargā trīs apvalki. Meningīts ir šo apvalku iekaisums.

Galvas un muguras nervi

Perifērā nervu sistēma ir veidota no nerviem. **Nervi** ir garo neironu šķiedru kūlīši, kurus kopā satur saistaudi.

Jušanas nervos ir jušanas šķiedras, bet kustību nervos – kustību šķiedras. Jauktajos nervos ir gan jušanas, gan kustību šķiedras. Neironu šūnu ķermeņi atrodas CNS vai arī nervu ganglijos (mezglos).



Cilvēkam ir 12 pāri galvas nervu, kas atiet no galvas smadzenēm. Galvas nervi galvenokārt ir saistīti ar galvu, kaklu, sejas daļu. Klejotājnervam ir atzarojumi uz rikli un balseni, un lielāko daļu iekšējo orgānu.

Cilvēkam ir 31 pāris muguras nervu. Katrs muguras nervs sākas no muguras smadzenēm (11.6. att.) ar diviem īsiem zariem jeb saknītēm, kas atrodas mugurkaula skriemeļos. Mugurējā saknītē ir jušanas neironu aksoni, kas vada impulsus uz muguras smadzenēm. Priekšējā saknītē ir kustību neironu aksoni, kas vada impulsus prom no muguras smadzenēm. Abas saknītes apvienojas tieši, pirms muguras nervs pamet mugurkaulu. Tātad visi muguras nervi ir jaukti nervi, kas impulsus vada gan uz muguras smadzenēm, gan prom no tām. Muguras nervu sakārtojums norāda uz cilvēka segmentēto uzbūvi, jo no katra muguras segmenta atiet viens muguras nervs.

Muguras nervi atiet no muguras smadzenēm, bet muguras smadzenes ir CNS daļa. Muguras smadzenes ir resns, bāls pavediens, kas stiepjas visa mugurkaula garumā. Mugurkaula skriemeļi tās aizsargā. Muguras smadzenes veido pelēkā viela un baltā viela. Pelēko vielu veido šūnu ķermeņi un īsas, nemielinizētas šķiedras, bet baltā viela sastāv no mielinizētām šķiedrām. Muguras smadzeņu centrā ir centrālais kanāls, kas pildīts ar šķidrumu.

Perifērajā nervu sistēmā galvas nervi vada impulsus uz galvas smadzenēm un prom no tām, bet muguras nervi impulsus vada uz muguras smadzenēm un prom no tām.

Somatiskā nervu sistēma

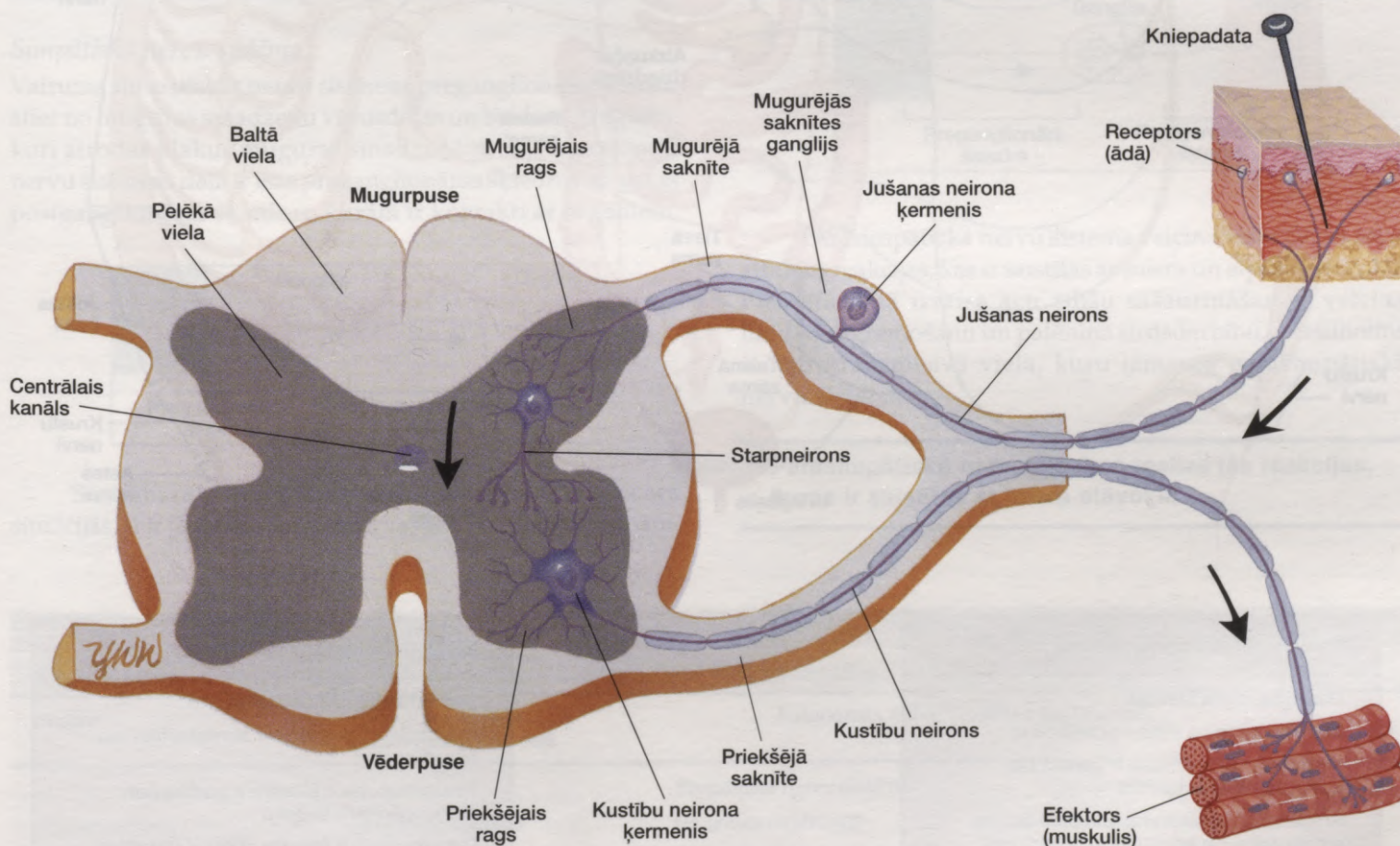
Somatisko nervu sistēmu veido nervi, kuri inervē šķērsvītrotu muskulatūru un maņu orgānus, arī ādu. Sajūtu orgāniem ir receptori, kas uztver apkārtējās vides kairinājumus un pārvērš tos nervu impulsos. Efektori ir muskuļšķiedras un dziedzeri, kas atbild uz šiem kairinājumiem.

Refleksi

Refleksi (lat. *reflexus* – atgriezt atpakaļ) ir automātiskas, no gribas neatkarīgas atbildes reakcijas uz ārējās vai organisma iekšējās vides pārmaiņām. Somatiskajā nervu sistēmā ārējie stimuli parasti izraisa reflektorisku darbību. Daži refleksi, piemēram, acu mirkšķināšanas reflekss, ir saistīti ar galvas smadzeņu darbību. Citi refleksi, piemēram, rokas atraušana no asa priekšmeta, nav obligāti saistīti ar galvas smadzeņu darbību. Šāda veida refleksa loku var redzēt 11.7. attēlā. Tā kā šajā refleksa lokā ietilpst muguras smadzenes un muguras smadzeņu nervi, to sauc par muguras refleksu. Ja cilvēks pieskaras asam priekšmetam, ādas jušanas neironi rada nervu impulsus. Tie izplatās pa jušanas neirona aksonu uz šūnas ķermeni, kas atrodas CNS. Jušanas neironu šūnu

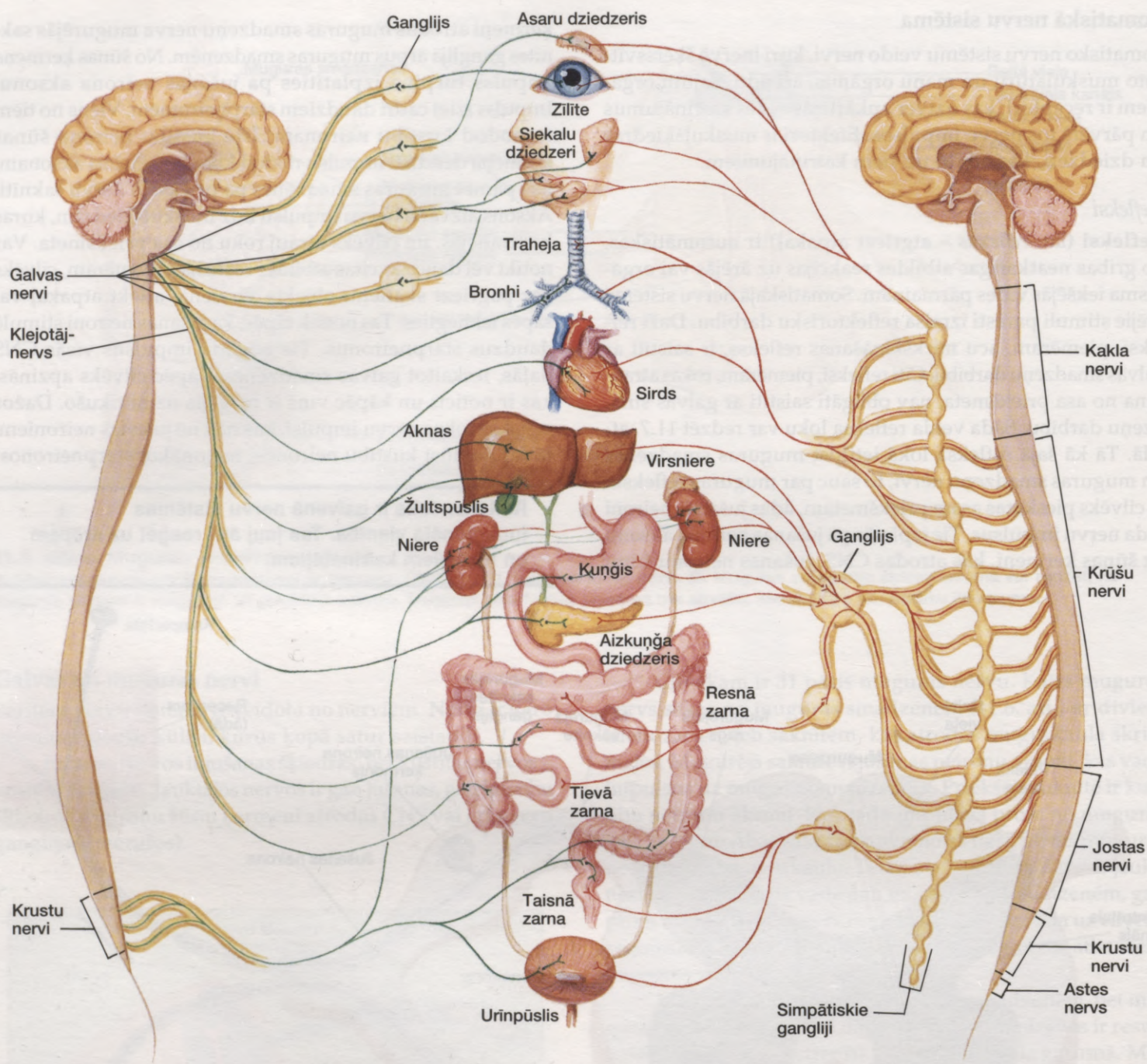
ķermeni atrodas muguras smadzeņu nerva mugurējās saknītes ganglijā ārpus muguras smadzenēm. No šūnas ķermeņa impulss turpina izplatīties pa jušanas neirona aksonu. Impulss iziet cauri daudziem starpneironiem. Viens no tiem to nodod kustību neironam. Īsie kustību neirona šūnas ķermeņa dendriti impulsu nodod kustību neirona aksonam, kas pamet muguras smadzenes pa priekšējo nervu saknīti. Aksons aizvada nervu impulsu līdz muskuļšķiedrām, kuras kontrahējas, un cilvēks atrauj roku no asā priekšmeta. Var notikt vēl daudzas citas atbildes reakcijas. Piemēram, cilvēks var pagriezt skatienu objekta virzienā, atlēkt atpakaļ vai sāpēs iekliegties. Tas notiek tāpēc, ka jušanas neironi stimulē daudzus starpneuronus. Tie nogādā impulsus visās CNS daļās, ieskaitot galvas smadzenes. Tāpēc cilvēks apzinās, kas ir noticis un kāpēc viņš ir reaģējis uz notikušo. Dažos refleksa lokos nervu impulsi, kas nāk no jušanas neironiem, tūdaļ nokļūst kustību neironos, nenonākot starpneuronos.

Refleksa loks ir galvenā nervu sistēmas funkcionālā vienība. Tas ļauj ātri reaģēt uz ārējiem un iekšējiem kairinātājiem.



11.7. attēls. Refleksa loks, kas atspoguļo impulsa ceļu

Kad tiek stimulēts ādas receptors, nervu impulsi (norādīti ar bultiņām) pa jušanas neironiem nonāk muguras smadzenēs. Jušanas neirona šūnas ķermenis atrodas ganglijā ārpus muguras smadzenēm. Nervu impulsu pārtver starpneironi, kuri atrodas muguras smadzenēs. Pēc tam impulss nonāk kustību neirona dendritos un šūnas ķermeni, kas atrodas muguras smadzenēs. Tālāk nervu impulss pa kustību neironu nonāk līdz efektoram, piemēram, muskulim, kurš saraujas. Galvas smadzenes pa starpneironiem no muguras smadzenēm saņem informāciju par kairinājumu. Tas notiek pa garām šķiedrām, kuras virzās augšup un lejup pa muguras smadzeņu balto vielu.



Parasimpātiskā nervu sistēma

Darbojas miera stāvoklī
 Neurotransmisīvā viela – acetilholīns
 Preganglionārā šķiedra ir garāka par postganglionāro šķiedru
 Preganglionārā šķiedra sākas no galvas smadzenēm un no muguras smadzeņu apakšējās daļas

Simpātiskā nervu sistēma

Darbojas trauksmes stāvoklī
 Neurotransmisīvā viela ir norepinefrīns jeb noradrenalīns
 Postganglionārā šķiedra ir garāka par preganglionāro šķiedru
 Preganglionārā šķiedra atiet no muguras smadzeņu vidusdaļas

11.8. attēls. Autonomās nervu sistēmas uzbūve un funkcijas

Simpātiskās šķiedras atiet no muguras smadzeņu kakla un krūšu daļas. Parasimpātiskās šķiedras atiet no galvas smadzenēm un muguras smadzeņu krustu daļas. Abas šīs sistēmas inervē vienus un tos pašus orgānus, bet to iedarbība ir pretēja. Piemēram, simpātiskā nervu sistēma pastiprina sirdsdarbību, bet parasimpātiskā nervu sistēma to pavājina.

Autonomā (veģetatīvā) nervu sistēma

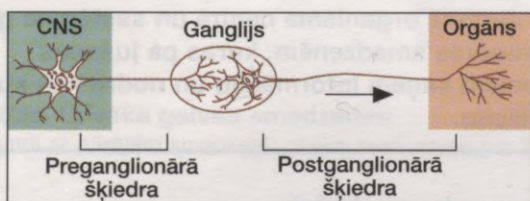
Autonomā nervu sistēma (gr. *autos* – pats un *nomas* – klejošana) ir perifērās nervu sistēmas daļa (11.8. att.). Autonomā nervu sistēma iekšējos orgānus apkalpo automātiski, tas ir, neatkarīgi no gribas iejaukšanās. Autonomās nervu sistēmas jušanas neironi nāk no iekšējiem orgāniem un ļauj uztvert iekšējās sāpes. Šo jušanas neironu šūnu ķermeņi atrodas muguras nervu mugurējo saknīšu ganglijos blakus somatiskās nervu sistēmas jušanas neironu ķermeņiem.

Autonomajai nervu sistēmai izšķir divas daļas – simpātisko un parasimpātisko nervu sistēmu. Abas šīs daļas darbojas automātiski un parasti netiek gribai pakļautas. Tās inervē iekšējos orgānus, un tām ir divi kustību neironi un nervu ganglijs centrālās (no CNS promejošā) refleksa loka daļā. Pirmā kustību neirona šūnas ķermenis atrodas CNS, un neirons veido preganglionāro šķiedru, bet otrā neirona šūnas ķermenis atrodas ganglijā, un šis neirons veido postganglionāro šķiedru (11.1. tab.).

Autonomā nervu sistēma regulē iekšējo orgānu darbību un nav pakļauta gribas kontrolei.

Simpātiskā nervu sistēma

Vairums simpātiskās nervu sistēmas preganglionāro šķiedru atiet no muguras smadzeņu vidusdaļas un beidzas ganglijos, kuri atrodas blakus muguras smadzenēm. Šajā autonomās nervu sistēmas daļā ir īsas preganglionārās šķiedras un garas postganglionārās šķiedras, kurām ir kontakti ar orgāniem.



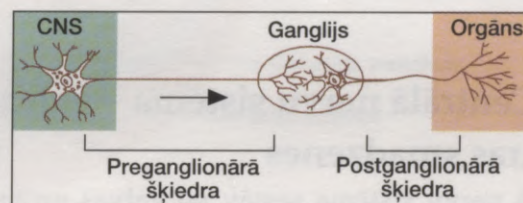
Simpātiskajai nervu sistēmai ir īpaša nozīme trauksmes situācijās, ja ir jāatvairā pretinieks vai jāizvairās no briesmām.

Tad aktīvie muskuļi pastiprināti saņem glikozi un skābekli. Simpātiskā nervu sistēma paātrina sirdsdarbību un elpošanu, paplašina bronhus, bet kavē gremošanas sistēmas darbību, jo gremošana brīdī, kad draud briesmas, nav pirmā nepieciešamība. Postganglionārais aksons izdala neurotransmisīvo vielu norepinefrīnu jeb noradrenalinu, kura ķīmiskā uzbūve ir tuva adrenalīnam – hormonam, kas stimulē sirdsdarbību.

Simpātiskā nervu sistēma sagatavo organismu trauksmes stāvoklim.

Parasimpātiskā nervu sistēma

Daži galvas nervi, arī klejotājnervs, kopā ar nervu šķiedrām, kas nāk no muguras smadzeņu apakšējās daļas, veido **parasimpātisko nervu sistēmu** (gr. *para* – cieši līdzās un *sympathia* – simpātijas). Parasimpātiskajai nervu sistēmai (11.8. att.) ir garas preganglionārās šķiedras un īsas postganglionārās šķiedras, jo gangliji atrodas blakus ietekmējamiem orgāniem vai tajos iekšā.



Parasimpātiskā nervu sistēma veicina visas tās iekšējās atbildes reakcijas, kas ir saistītas ar miera un atpūtas stāvokli. Piemēram, tā izraisa acu ziliņu sašaurināšanos, veicina barības sagremošanu un palēnina sirdsdarbību. Acetilholīns ir neurotransmisīvā viela, kuru izmanto parasimpātiskā nervu sistēma.

Parasimpātiskā nervu sistēma realizē tās reakcijas, kuras ir saistītas ar miera stāvokli.

11.1. tabula

Somatiskās un autonomās nervu sistēmas kustību ceļa salīdzinājums

Pazīme	Somatiskās nervu sistēmas kustību ceļš	Autonomās nervu sistēmas kustību ceļš	
		Simpātiskā nervu sistēma	Parasimpātiskā nervu sistēma
Apziņas līmenis	No gribas atkarīgs	No gribas neatkarīgs	No gribas neatkarīgs
Neironu skaits, kas vada impulsu	Viens	Divi (preganglionārais īsāks par postganglionāro)	Divi (preganglionārais garāks par postganglionāro)
Kustību šķiedru un visu muguras nervu novietojums	Galvenokārt galvas nervi	Muguras nervi	Galvas (klejotājnervs) un muguras apakšējie nervi
Neurotransmisīvā viela	Acetilholīns	Norepinefrīns jeb noradrenalīns	Acetilholīns
Efektors	Skeleta muskuļi	Gludie muskuļi, sirds muskuļi, dziedzeri	Gludie muskuļi, sirds muskuļi, dziedzeri



A

11.9. attēls. Smadzeņu funkcijas

A. Iegareno smadzeņu un hipotalāma funkcijas nav saistītas ar gribu. Tās nodrošina organisma autonomās funkcijas bez pusložu līdzdalības. **B.** Smadzenītes veic muskuļu koordinācijas funkciju un ir tieši pakļautas pusložu ietekmei. Ir nepieciešama smadzenīšu darbības saskaņošana ar apkārtējās vides kairinājumu. Skrituļbraucējs apstāsies, lai mašina viņu nenotriektu.

11.4. Centrālā nervu sistēma – galvas un muguras smadzenes

Centrālā nervu sistēma sastāv no galvas un muguras smadzenēm, un tās uzdevums ir analizēt saņemtos impulsus. Muguras smadzenes apņem mugurkauls. Gan muguras, gan galvas smadzenes ietver trīs aizsargmembrānas jeb **apvalki** (gr. *meninga* – membrāna, kas pārklāj smadzenes). Spraugas starp apvalkiem ir piepildītas ar **cerebrospīnālo šķidrumu** (lat. *cerebrum* – smadzenes un *spina* – mugurkauls), kas aizsargā centrālo nervu sistēmu. Cerebrospīnālais šķidruma aizpilda muguras smadzeņu centrālo kanālu un galvas smadzeņu ventrikulus – starptelpas, kuras izdala un uzkrāj šo šķidrumu.

Muguras smadzeņu darbība

Muguras smadzenēm ir divas svarīgas funkcijas. Tās ir daudzu refleksu centrālā daļa, un tās nodrošina sakarus starp smadzenēm un muguras nerviem, kas atiet no muguras smadzenēm.

Muguras smadzenēm ir baltā viela un pelēkā viela (sk. 11.6. att.). Pelēko vielu veido nervu šūnu ķermeņi un īsas, nemielinizētas šķiedras. Muguras smadzeņu šķērsgrīzumā pelēkā viela atgādina tauriņu vai H burtu. Tajā atrodas jušanas un kustību neironi, kā arī īsi starpneironi, kas šos neironus savieno.

Baltā viela sastāv no garām, starpneironu mielinizētām šķiedrām, kas ir apvienojušās kūlīšos. Tās veido vadišanas ceļus, kas savieno galvas smadzenes ar muguras smadzenēm. Mugurpusē ir augšupejošie ceļi, kas informāciju vada virzienā uz smadzenēm, bet priekšpusē ir lejupejošie ceļi,



B

kas raida informāciju no galvas smadzenēm uz muguras smadzenēm. Tā kā šie ceļi krustojas, kreisā galvas smadzeņu puse kontrolē labo ķermeņa pusi, bet labā galvas smadzeņu puse – kreiso ķermeņa pusi.

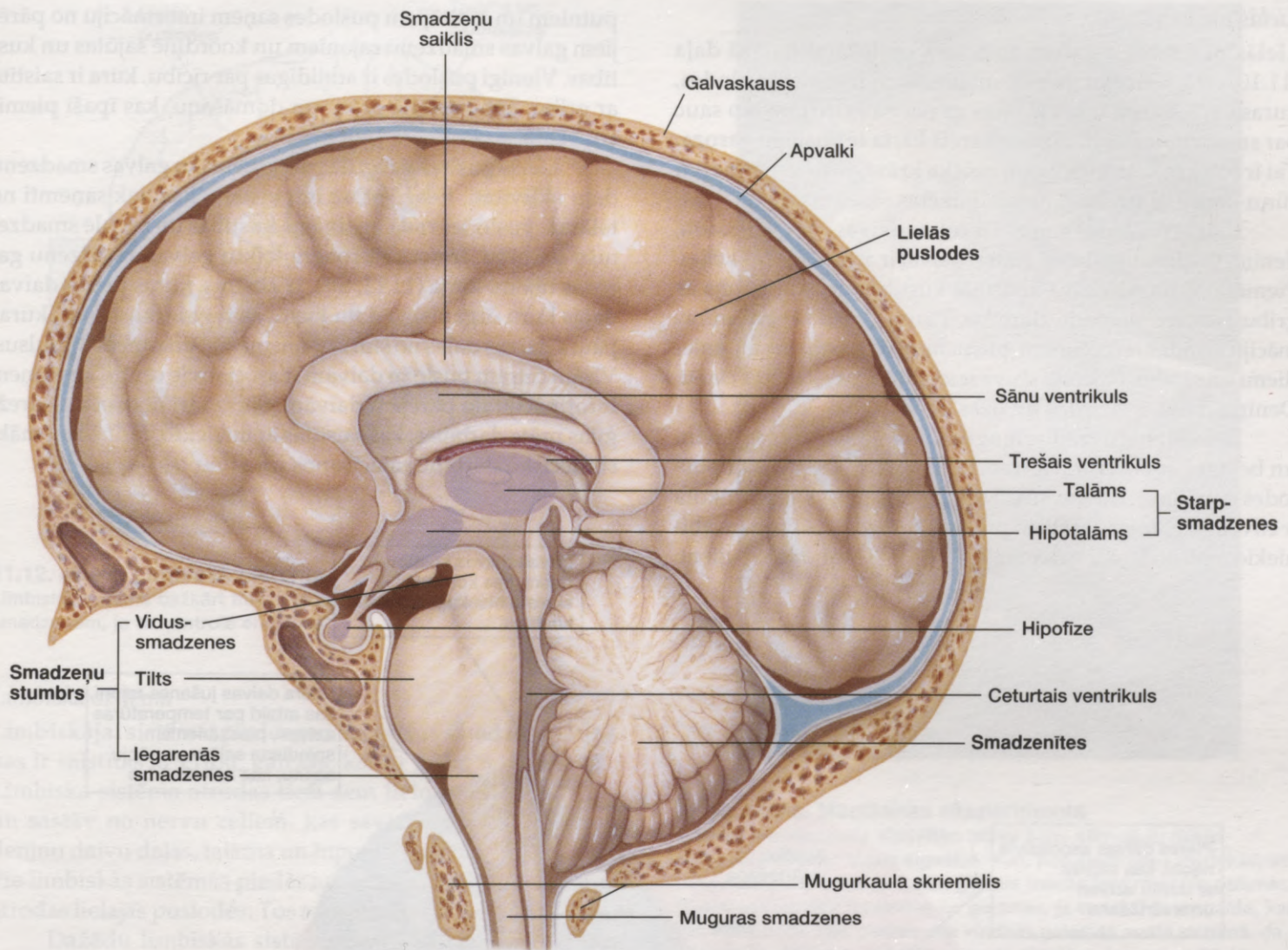
CNS atrodas organisma centrā un sastāv no galvas un muguras smadzenēm, kuras pa jušanas neironiem saņem informāciju un nodrošina kustību regulāciju.

Galvas smadzeņu darbība

Cilvēka galvas smadzenēm ir vairākas daļas – iegarenās smadzenes, smadzenītes, tilts, vidussmadzenes, hipotalāms, talāms un lielās puslodes. Smadzenēm ir četri dobumi, ko sauc par **ventrikuliem**, – divi sānu ventrikuli, trešais un ceturtais ventrikuls.

Smadzeņu stumbrs

Iegarenās smadzenes, tilts un vidussmadzenes veido smadzeņu stumbru (11.9. att. A). **Iegarenās smadzenes** (lat. *medulla* – visattālākā daļa un *oblongus* – garāks nekā plats) atrodas starp muguras smadzenēm un tiltu pirms smadzenītēm. Tajās atrodas dzīvībai svarīgi centri, kuri regulē sirdsdarbību, elpošanu un asinsspiedienu. Tur ir arī vemšanas, klepošanas, šķaudīšanas, žagošanās un barības norīšanas refleksu regulācijas centri. Iegarenajās smadzenēs atrodas augšupejošie un lejupejošie ceļi, kas muguras smadzenes savieno ar augstākajiem galvas smadzeņu centriem.



11.10. attēls. Cilvēka galvas smadzenes

Salīdzinājumā ar pārējām smadzeņu daļām puslodes ir ļoti lielas.

Tilts (lat. *pontis* – tilts) sastāv no aksonu kūlišiem, kuri pienāk no smadzenītēm un pārējām CNS daļām. Tilts kopā ar iegarenajām smadzenēm regulē elpošanas biežumu. Tajā ir galvas kustināšanas centri tiem refleksiem, kas ir saistīti ar galvas pagriešanu gaismas vai skaņas virzienā. **Vidussmadzenēs** ir centri, kas saistīti ar redzes, dzirdes un taustes funkciju. Tajās ir ceļi, kas puslodes savieno ar muguras smadzenēm.

Starpsmadzenes

Hipotalāms un talāms atrodas galvas smadzeņu daļā, ko sauc par starpsmadzenēm. Tajās atrodas trešais ventrikuls. **Hipotalāms** (gr. *hypo* – zem) uztur homeostāzi jeb iekšējās vides relatīvo nemainīgumu. Tajā atrodas bada, miega, slāpju sajūtas, kā arī organisma temperatūras, ūdens līdzsvara un asinsspiediena regulācijas centri. Hipotalāms regulē hipofīzi un tādējādi kalpo kā saikne starp nervu sistēmu un endokrīno sistēmu.

Talāms veido trešā ventrikula sānus un jumtu. Talāms ir pēdējā galvas smadzeņu daļa, kas uztver sajūtas pirms puslodēm. Pa talāmu tiek vadīti jušanas impulsi no pārējām smadzeņu daļām uz atbilstošajām pusložu daļām, kur tie tiek izanalizēti.

Smadzenītes

Smadzenītes atrodas zem puslodēm. Tās no stumbra atdala ceturtais ventrikuls. Smadzenītes koordinē muskuļu darbību, saskaņo no augstākajiem centriem saņemtos impulsus un nodrošina visu skeleta muskuļu saskaņotu darbību (11.9. att. B). Smadzenītes atbild arī par normālu muskuļu tonusa uzturēšanu un impulsu pārvadi uz muskuļiem, kas nodrošina ķermeņa pozas saglabāšanos. Smadzenītes no iekšējās auss saņem informāciju par ķermeņa novietojumu un sūta impulsus tiem muskuļiem, kuru darbība spēj atjaunot līdzsvaru.

Lielās puslodes

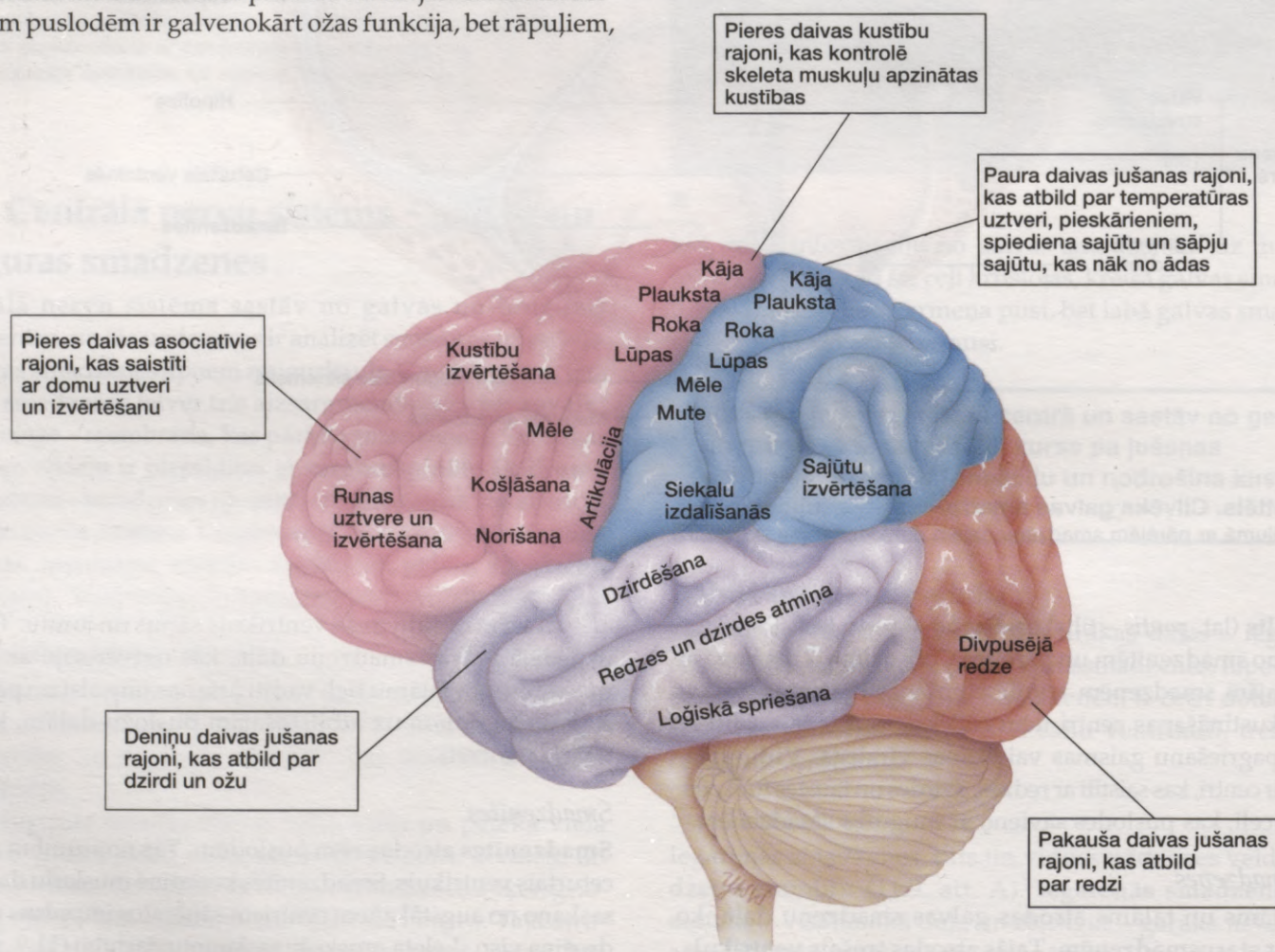
Lielās puslodes ir galvas smadzeņu priekšējā lielākā daļa (11.10. att.). Cilvēka galvas smadzenēm ir divas puslodes, kuras savā starpā ir savienotas ar nervu šķiedrām, ko sauc par smadzeņu saikli. Pusložu ārējā kārtā ir pusložu garoza. Tai ir ļoti krokota virsma un pelēka krāsa, jo to veido nervu šūnu ķermeņi un īsas, nemielinizētas šķiedras.

Katrai puslodes garozai ir četras daivas – pieres, paura, deniņu un pakauša daiva. Katrai daivai ir atšķirīgas funkcijas. Piemēram, pieres daiva kontrolē kustības un ļauj mums ar gribu regulēt muskuļu darbību. Paura daiva saņem informāciju no ādas receptoriem, piemēram, par pieskārienu, spiedienu un sāpēm. Pakauša daiva ir saistīta ar attēla uztveršanu. Deniņu daivā ir dzirdes un ožas zonas.

Ja salīdzina dažādus mugurkaulniekus, sākot ar zivīm un beidzot ar cilvēku, var redzēt, ka galvas smadzeņu puslodes palielinās. Galvas smadzeņu garoza visvairāk krokota ir cilvēkam. Mainās arī lielo pusložu funkcijas. Zivīm un abiniekiem puslodēm ir galvenokārt ožas funkcija, bet rāpuļiem,

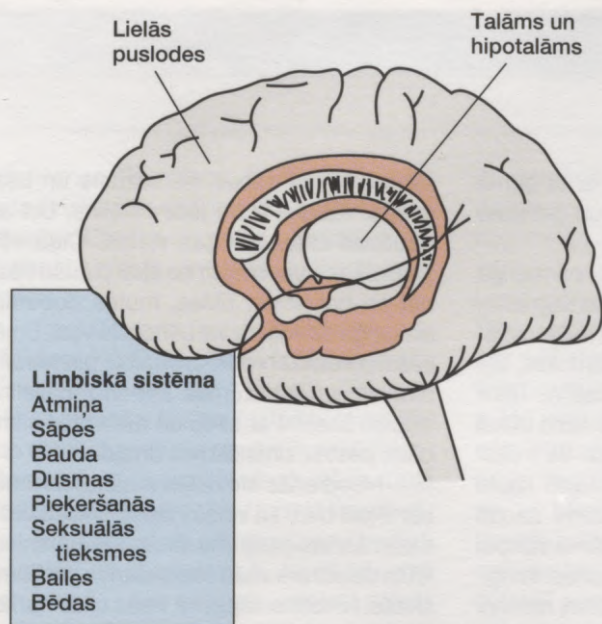
putniem un zīdītājiem puslodes saņem informāciju no pārējiem galvas smadzeņu rajoniem un koordinē sajūtas un kustības. Vienīgi puslodes ir atbildīgas par rīcību, kura ir saistīta ar gribu. Tās ietekmē prātu un domāšanu, kas īpaši piemīt cilvēkam.

Lielās puslodes regulē pārējo zemāko galvas smadzeņu daļu aktivitāti. Reaģējot uz impulsiem, kas tiek saņemti no talāma, puslodes rada apzinātas kustības un regulē smadzeņu darbību. Ir noskaidrota noteiktu galvas smadzeņu garozas rajonu loma (11.11. att). Ir zināms, kuras pieres daivas daļas kuru organisma daļu kustības regulē, kā arī tas, kuras paura daivas daļas no šīm organisma daļām saņem impulsus. Visām četrām pusložu daivām ir asociatīvie centri, kas saņem informāciju no pārējām daivām. Šie centri nodrošina sarežģītas prāta darbības, kas saistītas ar intelektu, radošo un māksliniecisko darbību, mācīšanos un atmiņu.



11.11. attēls. Lielo pusložu garoza

Lielo pusložu garoza ir sadalīta četrās daivās: pieres, paura, deniņu un pakauša daivā. Katram garozas rajonam ir savas funkcijas, tāpēc to ir iespējams kartēt.



11.12. attēls. Limbiskā sistēma

Limbiskā sistēma dažkārt tiek saukta par emocionālajām smadzenēm, jo tā kontrolē emocijas.

Limbiskā sistēma

Limbiskajai sistēmai pieder gan tās galvas smadzeņu daļas, kas ir saistītas ar gribu, gan tās, kas ar gribu nav saistītas. Limbiskā sistēma atrodas tieši zem lielo pusložu garozas un sastāv no nervu ceļiem, kas savieno pieres daivu un deniņu daivu daļas, talāma un hipotalāma daļas (11.12. att.). Pie limbiskās sistēmas pieder arī pelēkās vielas kodoli, kas atrodas lielajās puslodēs. Tos sauc par bazālajiem kodoliem.

Dažādu limbiskās sistēmas daļu kairināšana izraisa baidu, sāpes, dusmas vai bēdas. Tā kā šī sistēma rada patīkamas un nepatīkamas sajūtas, tā nosaka arī indivīda uzvedību un palīdz izdzīvot.

Mācīšanās un atmiņa. Limbiskā sistēma ir iesaistīta arī mācīšanās un atmiņas procesos. Lai varētu iemācīties, ir nepieciešama atmiņa, bet nav īsti skaidrs, no kā ir atkarīga atmiņas veidošanās. Zinātnieki ir pētījuši bezmugurkaulniekus, piemēram, gliemežus, jo viņu nervu sistēma ir ļoti vienkārša. Lai noskaidrotu, kā notiek iemācīšanās, dzīvnieku šūnās ievada elektrodus un pieraksta šo šūnu elektroķīmiskās atbildes reakcijas (11.13. att.). Šie pētījumi ir pierādījuši, ka mācīšanās ir saistīta ar sinapšu skaita palielināšanos. Mācīšanās, iegaumēšanas un aizmīšanas laikā pastāvīgi mainās nervu sakaru skaits. Mācīšanās laikā katrā neironā rodas gēnu regulācija un nervu proteīnu sintēzes pārmaiņas. Neironi sāk pastiprināti izdalīt neurotransmisīvās vielas.

Citi zinātnieki ir novērojuši, kā mācās pērtiķi. Šie pētījumi liecina, ka limbiskajai sistēmai ir ļoti būtiska loma gan



11.13. attēls. Mācīšanās eksperiments

Gliemja *Hermisenda* atsevišķu nervu šūnu stimulē ar mikroelektrodu, izraisot tādus signālus, kuri, pēc zinātnieku iepriekšējiem novērojumiem, rodas tad, kad gliemis mācās izvairīties no gaismas. Gliemi var iemācīt izvairīties no gaismas, ja to novieto uz galda, kas sāk rotēt brīdī, kad gliemis sāk virzīties gaismas avota virzienā. Ja gliemis ar elektroda palīdzību saņem signālus, tas automātiski izvairās no gaismas un vairs nav jāapmāca kā pārējie gliemji.

īslaicīgās, gan ilgstošās atmiņas nodrošināšanā. Cilvēka īslaicīgās atmiņas piemērs ir spēja atcerēties telefona numuru tik ilgi, kamēr tas tiek sastādīts uz aparāta. Cilvēka ilgstošās atmiņas piemērs ir spēja sīki atcerēties visus dienas notikumus. Pēc tam kad limbiskajā sistēmā sāk riņķot nervu impulsi, bazālie kodoli stimulē jušanas zonas, kurās ir uzkrātas atmiņas. Limbiskā sistēma skaidri pierāda, kāpēc atmiņā spilgtāk paliek emocionālākie notikumi. Limbiskās sistēmas sadarbība ar jušanas zonām, piemēram, taustes, ožas un redzes zonu, ļauj katram jušanas kairinātājam izraisīt sarežģītas atmiņas.

Limbiskā sistēma ir īpaši saistīta ar emocijām, atmiņu un mācīšanos.

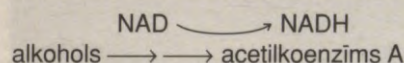
Uzziniet tuvāk

► Piecas narkotiskās vielas

Alkohols

Narkotikas, ko cilvēki lieto, lai uzlabotu garastāvokli un emocionālo stāvokli, ietekmē visa organisma funkcijas. Visbiežāk tiek ietekmēta apziņa, jo izdalās neurotransmisīvās vielas. Alkoholiskos dzērienus var lietot mēreni, tomēr bieži vien tie tiek lietoti pārmērīgi. Pārmērīga alkohola lietošana kļūst par slimību – alkoholismu. Alkohols sāk traucēt attiecības ar līdzcilvēkiem, nelabvēlīgi ietekmē veselību, darbaspējas un saprātu. Pastāv dažādi uzskati par to, kas izraisa alkoholismu. Cilvēki bieži vien dzer tik ilgi, kamēr ir pilnīgi apreibuši. Daļa medicīnu domā, ka cēloņi ir psiholoģiska rakstura, bet pastāv arī uzskats, ka liela loma ir iedzimtībai.

Alkoholu vispirms pārstrādā aknas. Līdz ar to tiek izjaukta normāla glikolīzes un Krebsa cikla reakciju norise. Aknas satur enzīmus dehidrogenāzes, kuras reducē NAD.



Tā kā alkohola sadalīšanas reakcijās aknās tiek patērēts nikotīnamidadenīndinukleotīds (NAD), tad tā vairs nepietiek glikolīzes un Krebsa cikla reakciju norisei. Šūnā sākas rūgšana un rodas pienskābe. Pazeminās asiņu pH, un tās kļūst skābas.

Tā kā nenotiek Krebsa cikla reakcijas, acetāta pārpalikums netiek noārdīts. Tas pārvēršas par taukiem – aknas aptaukojas. Ar tauku uzkrāšanos sākas aknu nolietošānās. Tas notiek pat pēc vienas vienīgas nakts, kad ir daudz dzerts. Ja pārmērīgi bieži lieto alkoholu lielās devās, aknās veidojas šķiedraini rētaudi. Tā jau ir otrā aknu bojājuma pakāpe. Ja dzeršanu pārtrauc, aknas ar laiku var atjaunoties un atsākt pilnvērtīgu darbību. Ja dzeršana turpinās, iestājas pēdējā un neatgriezeniskā stadija – aknu ciroze. Aknu šūnas atmirst, kļūst cietas un iegūst oranžu nokrāsu.

Mediķi iesaka grūtniecēm nemaz nelietot alkoholu, jo tas caur placentu viegli

nonāk bērna organismā. Līdz ar to bērns var iegūt garīgas atpalicības un psihisko traucējumu simptomus.

Vēl viena problēma ir tā, ka pārmērīga dzeršana traucē normālu barības sagremošanu. Alkoholā ir daudz kaloriju. NADH molekulas, kas rodas, alkoholam noārdoties, var tikt izmantotas ATP molekulu sintēzei. Tās ir nelietderīgas molekulas, jo organismā trūkst aminoskābju, vitamīnu un sāļu. Ja trūkst nepieciešamo vitamīnu, sarkanajās kaula smadzenēs neveidojas pietiekami daudz eritrocītu un leukocītu. Imūnsistēma nespēj veikt savus uzdevumus, pārmaiņus kuņģī, aknās, plaušās, aizkuņģa dziedzerī, resnajā zarnā un mēlē palielina risku saslimt ar vēzi. Pat tad, ja cilvēks lieto atbilstošu uzturu, lielā mērā tiek traucēta proteīnu un aminoskābju vielmaiņa. Rezultātā vērojama muskuļu atrofija un nespēks. Tā kā arī sirds sienās uzkrājas tauki, rodas hipertonijs. Palielinās sirds aritmijas un sirdslēkmes draudi.

Nikotīns

Nikotīns ir alkaloīds, ko iegūst no tabakas lapām. Tas iedarbojas uz nervu sistēmu. Kad cilvēks smēķē, nikotīns ātri nonāk visos orgānos, arī centrālajā un perifērajā nervu sistēmā. Centrālajā nervu sistēmā nikotīns izraisa neurotransmisīvās vielas dopamīna atbrīvošanos no neironiem. Pārmērīgs dopamīna daudzums organismā rada pierāšanu pie šīs narkotiskās vielas. Perifērajā nervu sistēmā nikotīns stimulē tos pašus postsinaptiskos neironus, ko acetilholīns, un līdz ar to palielina skeleta muskuļu aktivitāti. Paātrinās sirdsdarbība, paaugstinās asinsspiediens, kā arī gremošanas trakta kustīgums. Nikotīns var radīt pat vemšanu vai caureju. Tas var traucēt arī urīna veidošanos nierēs.

Daudziem smēķētājiem ir grūti atmet smēķēšanu tāpēc, ka nikotīns rada gan fizioloģisku, gan psiholoģisku atkarību. Mēģinot atmet smēķēšanu, rodas galvas-

sāpes, kuņģa sāpes, nervozums un bezmiegs. Tabakā ir ne tikai nikotīns, bet arī daudzas citas kaitīgas vielas. Cigarešu smēķēšana var izraisīt ne tikai plaušu vēzi, bet arī balsenes, rīkles, mutes dobuma, aizkuņģa dziedzera vai urīnpūšļa vēzi. Smēķēšana veicina hronisku slimību, piemēram, bronhīta un emfizēmas attīstību, palielina iespēju saslimt ar sirds un asinsrites slimībām, pastāv sirdslēkmes draudi.

Mūsdienās sievietes ir sākušas smēķēt tikpat bieži kā vīrieši, tāpēc plaušu vēža saslimšanas gadījumu skaits sāk pārsniegt krūts dziedzera vēža saslimšanas gadījumu skaitu. Nikotīns, tāpat kā visas citas narkotikas, kuras ietekmē psihi, īpaši kaitīgi iedarbojas uz bērnu embrionālās attīstības laikā, tāpēc jaunām sievietēm nevajadzētu smēķēt.

Marihuāna

Sakaltētos Indijas kaņepes (*Cannabis sativa*) ziedos, lapās un stumbros ir sveķi, kuros ir daudz tetrahidrokanabinola. No šīm kaņepēm iegūst narkotisku vielu – marihuānu. Marihuānas iedarbība ir atkarīga no tā, cik stipru un cik lielās devās to lieto, kā arī no tās lietošanas veida un indivīda jutīguma. Parasti marihuānas lietotāji jūt vidēju eiforiju, kas saistīta ar redzes un uztveres pārmaiņām, kuru rezultātā zūd telpas un laika uztvere. Rodas kustību koordinācijas traucējumi, kā arī spēja koncentrēties. Runa kļūst nesakarīga.

Reta marihuānas lietošana nelielā koncentrācijā parasti nerada saindēšanos, taču tās regulāra lietošana izraisa hronisku saindēšanos, kuras sekas ir halucinācijas, nemiers, depresija, palēnināta domāšana un citi simptomi. Šīs parādības sauc par psihozēm jeb ārpūta lēkmēm.

Marihuānu uzskata par halucinogēnu. Iespējams, ka tā, tāpat kā LSD (lizergīnskābes dietilamīns) ietekmē smadzenēs esošās neurotransmisīvās vielas serotonīna

izdalīšanos. Domājams, ka marihuāna nerada fizisku atkarību, bet tikai psiholoģisku atkarību. Cilvēks alkst pēc eiforijas un nomierinošā efekta, un šī kāre ir stiprāka par gribu.

Parasti marihuānu lieto cigarešu veidā (tā sauktā zālite). Tā kā šajās cigaretēs ir indīgas vielas, arī kancerogēni, kuri iekļūst plaušās, tad no ilgstošas marihuānas smēķēšanas var rasties hroniski elpošanas ceļu iekaisumi un plaušu vēzis. Daļa zinātnieku apgalvo, ka ilgstoša marihuānas lietošana rada arī smadzeņu bojājumus. Vēl citi ir novērojuši, ka tā ietekmē gan vīriešu, gan sieviešu reproduktīvās funkcijas. Marihuānas lietošana atstāj līdzīgu ietekmi uz bērna embrionālo attīstību kā alkohola lietošana. Marihuānas smēķēšanu uzskata par sākuma posmu ceļā uz narkomāniju, jo pusaudži, kas lietojuši marihuānu, vēlāk sāk pievērsties arī citām narkotikām. Piemēram, apsekojot 100 kokaīna lietotājus, izrādās, ka 60 % no viņiem pirms desmit un vairāk gadiem ir smēķējuši marihuānu.

Psihologi ir ļoti nobažījušies par marihuānas lietošanu pusaudžu vidū. Pusaudžiem nobriešanas periodā gandrīz vienmēr ir personīgas dabas problēmas, kuras viņi bieži vien mēģina atrisināt ar marihuānas palīdzību.

Kokaīns

Kokaīnu iegūst no kokas krūma (*Erythroxylon coca*). Kokaīnu lieto gan pulvera veidā, gan daudz koncentrētā ekstrakta veidā (tā sauktais kreks). Kokaīna lietotāji savas izjūtas raksturo kā trauksmainu eiforiju, kura seko tūdaļ pēc narkotikas uzņemšanas. Vielas iešņaukšana izraisa efektu pēc dažām minūtēm, injicēšana – pēc 30 sekundēm, bet smēķēšana – pēc 10 sekundēm. Tāpēc atkarīgie narkomāni visbiežāk to smēķē. Spēcīgs uzbudinājums ilgst tikai dažas sekundes, pēc tam 5 līdz

30 minūtes seko pastiprināta rosība un darbīgums. Vēlāk narkotikas lietotājs jūtas noguris un depresīvs. Lai šo stāvokli pārvarētu, ir nepieciešama jauna, lielāka narkotikas deva. Tad cikls atsākas no jauna. Šāda uzdzīve var turpināties dienām ilgi, bet pēc tam seko krīze. Uzdzīves laikā lietotājam gandrīz nemaz negribas ēst un gulēt, viņš ir pastiprināti seksuāli uzbudināts. Krīzes laikā narkotikas lietotājs ir noguris, depresīvs un viegli aizkaitināms. Viņam ir atmiņas un koncentrēšanās spēju traucējumi, pilnīgs intereses trūkums par seksu, impotence. Tad šīs narkotikas lietotāji parasti izmanto marihuānu, alkoholu vai heroīnu, lai atvieglinātu sajūtas, kas rodas krīzes periodā. Kokaīns ietekmē neurotransmisīvās vielas dopamīna koncentrāciju, kas savukārt pārmaina uzvedību. Pēc izdalīšanās sinapsē dopamīns parasti tiek uzsūkts presinaptiskajā šūnā atkārtotai izmantošanai. Kokaīns aizkavē dopamīna atpakaļ uzņemšanu presinaptiskajā membrānā, līdz ar to sinaptiskajā spraugā uzkrājas lieks dopamīna daudzums, kura dēļ narkotikas lietotājs ir uzbudinātā stāvoklī. Dopamīna ietekme ir līdzīga epinefrīna jeb adrenalīna ietekmei, un tā ilgst dažas minūtes.

Lietojot kokaīnu atkārtoti, organisms sāk veidot mazāk dopamīna, lai kompensētu pārlieto dopamīna daudzumu. Narkotikas lietotājam parādās pierašanas simptoms un pastiprinātas alkas pēc narkotikas. Strauji veidojas atkarība no kokaīna.

Pieaudzis nāves gadījumu skaits kokaīna lietotāju vidū. Aizvien biežāk cilvēki nonāk kritiskā stāvoklī, pārdozējot šo vielu. Lielās devas izraisa lēkmes, elpošanas un asinsrites apstāšanos.

Tiem, kuri šņauc narkotiku, var rasties dažādi deguna ausu bojājumi un pat izzust starp nāsīm esošā deguna šķērssienu. Pagaidām nav zināms, vai kokaīna lieto-

šana izraisa smadzeņu bojājumus. Bērniem, kas piedzimst kokaīna lietotājām, ir atkarības simptoms. Viņiem ir gan neiroloģiskas dabas, gan fiziskās attīstības traucējumi.

Heroīns

Heroīnu iegūst no morfija – miega magonēs esoša alkoloīda. Parasti heroīnu injicē. Pēc intravenozas injekcijas iedarbība parādās aptuveni minūtes laikā un sasniedz maksimumu pēc apmēram piecām minūtēm. Ir eiforija, mazinās sāpju sajūta. Kā blakus efekti var būt nelabums, vemšana, elpošanas un asinsrites traucējumi, kas var izraisīt nāvi.

Heroīns saistās ar endorfīna receptoriem. Uzskata, ka heroīns noņem sāpju sajūtu tāpēc, ka pārtrauc kādas neurotransmisīvās vielas P izdalīšanos noteikta muguras smadzeņu rajona jušanas neironos. Ja šī viela P izdalās, cilvēks jūt sāpes, bet, ja viela vairs neizdalās, – sāpju sajūta zūd. Gan endorfīns, gan heroīns saistās arī ar to neironu receptoriem, kuri iet no muguras smadzenēm uz limbisko sistēmu. Šo receptoru stimulēšana var radīt labsajūtu.

Cilvēki, kuri injicē heroīnu, kļūst psihiski atkarīgi no šīs narkotikas. Ar laiku organisms samazina endorfīna veidošanu. Atkarība izveidojas tāpēc, ka cilvēkam ir jāuzņem aizvien lielāka narkotikas deva, lai kompensētu endorfīna trūkumu. Eiforija, kas rodas pēc injekcijas, kļūst aizvien īslai-cīgāka.

Pastāvīgiem heroīna lietotājiem tā trūkums rada svīšanu, acu zīlīšu paplašināšanos, vemšanu, sistoliskā asinsspiediena paaugstināšanos un elpošanas paātrināšanos. Tiem, kuri ir pārmērīgi pieraduši pie narkotikas, var rasties krampji, var apstāties elpošana un iestāties nāve. Ja bērns piedzimst no šīs narkotikas atkarīgai sievietei, arī viņam ir atkarības simptoms.

Pārskats

Perifērā nervu sistēma, kas cilvēkam ir veidota no nerviem, sasniedz visas organisma daļas līdzīgi kā elektroinstalācija modernā celtnē. Starp nerviem pastāv darba dalīšana. Galvas nervi iet uz seju, zobiem, muti, bet zemāk sniedzas tikai viens nervs – klejotājnervs. Visas ķermeņa kustības regulē muguras nervi, tāpēc muguras traumas var radīt paralīzi. Vienīgi muguras nervi un klejotājnervs veido autonomo nervu sistēmu, kas regulē iekšējo

orgānu darbību. Līdzīgi kā dzīvniekiem, arī cilvēkam lielākā nervu sistēmas darbības regulācijas daļa nav pakļauta gribai. Nervu sistēmai ir trīs funkcijas – jušanas funkcija, vadītājfunkcija un kustību funkcija. Jušana nav iespējama bez jušanas receptoru darbības. Jušanas receptori uztver iekšējo un ārējo kairinājumu. Piemēram, redzes un dzirdes orgānus var pieskaitīt pie nervu sistēmas, jo tajos rodas nervu impulsi. Kā gan ir iespējams ar acīm redzēt un ar ausīm

dzirdēt, ja zināms, ka nervu impulsi visos neironos ir vienādi? Centrālā nervu sistēma ir tā, kas visu saņemto informāciju saskaņo. Centrālā nervu sistēma ļauj cilvēkam uztvert apkārtējo vidi, spriest un atcerēties. Kad sajūtas ir izanalizētas centrālajā nervu sistēmā, seko kustības. Muskuļi un dziedzeri ir efektori, kas atbild uz saņemto kairinājumu. Bez skeleta un muskuļu sistēmas cilvēks nevarētu reaģēt uz briesmām, ko uztver acis vai ausis.

Kopsavilkums

11.1. Nervaudi

Neirons ir nervu sistēmas uzbūves vienība. Ir trīs veidu neironi – jušanas neironi, kustību neironi un starpneironi. Visi neironi sastāv no šūnas ķermeņa, aksona un dendriem.

Kad aksons nevada nervu impulsus, miera potenciāls nodrošina to, ka šķiedras iekšiene ir negatīva salīdzinājumā ar ārēni. Nātrija-kālija sūkņi nodrošina noteiktu nātrija jonu koncentrāciju ārpus šķiedras un kālija jonu koncentrāciju šķiedras iekšienē. Kad aksons vada nervu impulsu, pa šķiedru izplatās darbības potenciāls. Notiek depolarizācija (šķiedras iekšiene kļūst pozitīva), jo nātrija joni iekļūst šķiedrā, bet pēc tam – repolarizācija (šķiedras iekšiene kļūst atkal negatīva), jo kālija joni virzās laukā no šķiedras.

Impulsa nodošana no viena neirona otram neironam notiek caur sinapsi. Cilvēkam sinaptiskie pūslīši sinaptiskajā spraugā izdala vielas, ko sauc par neurotransmisīvajām vielām. Neurotransmisīvās vielas saistīšanās ar postsinaptiskās membrānas receptoriem var (atkarībā no neurotransmisīvās vielas veida un receptora veida) vai nu pastiprināt nervu impulsu (stimulācija), vai arī pavājināt nervu impulsu (inhibēšana).

11.2. Nervu sistēmas attīstība

Salīdzinot dažādu bezmugurkaulnieku nervu sistēmas, var redzēt, ka tās kļūst aizvien sarežģītākas. Mugurkaulnieku nervu sistēmu, līdzīgi kā sliekas nervu sistēmu, veido CNS un perifērā nervu sistēma.

11.3. Perifērās nervu sistēmas nervi

Perifēro nervu sistēmu veido somatiskā nervu sistēma un autonomā nervu sistēma. Refleksi realizējas automātiski. Daļa no tiem notiek bez galvas smadzeņu līdzdalības. Refleksa loku veido neironi. Somatickā nervu sistēmā jušanas neironi impulsus vada no jušanas

receptoriem uz starpneironiem. Tie savukārt impulsus nodod motorajiem neironiem, kuri stimulē efektorus veikt atbildes reakciju.

Somatickā nervu sistēmas kustību neironi ietekmē skeleta muskuļus, bet autonomās nervu sistēmas kustību neironi regulē iekšējo orgānu gludos muskuļus un dziedzerus. Simpātiskās nervu sistēmas darbība ir saistīta ar tām reakcijām, kuras izraisa stress, bet parasimpātiskās nervu sistēmas darbība – ar norisēm atpūtas laikā. Gan simpātiskā, gan parasimpātiskā nervu sistēma pieder pie autonomās nervu sistēmas.

11.4. Centrālā nervu sistēma – galvas un muguras smadzenes

Lielāko CNS daļu aizņem neiroglijas šūnas. Mūsdienās ir pierādīts, ka CNS aktīvi piedalās nervu sistēmas funkciju nodrošināšanā un izdala augšanas faktorus, kurus, iespējams, varēs izmantot nervu sistēmas slimību ārstēšanā. CNS sastāv no muguras smadzenēm un galvas smadzenēm. Muguras smadzeņu pelēkā viela sastāv no šūnu ķermeņiem, bet baltā viela veido vadītājceļus, kas sastāv no starpneironu garajiem aksoniem. Tie atiet no visām muguras smadzeņu daļām un sasniedz pat galvas smadzenes.

Galvas smadzenes saskaņo visas nervu sistēmas darbību un regulē gribai pakļautās darbības. Galvas smadzeņu stumbrā esošās iegarenās smadzenes un tilts kontrolē iekšējo orgānu darbību. Smadzenītes koordinē muskuļu kontrakcijas. Starpsmadzenēs esošais hipotalāms piedalās homeostāzes regulācijā, bet talāms – sajūtu uztverē. Galvas smadzeņu lielajām puslodēm ir daivas, un katrai no tām ir kāda īpaša funkcija.

Bezmugurkaulnieku pētījumi liecina, ka iemācīšanās ir saistīta ar sinapšu daudzuma palielināšanos. Pētījumi ar pētiņiem parāda, ka atmiņas veidošanā piedalās arī limbiskā sistēma. Ir īslaicīgā un ilgstošā atmiņa. Limbiskās sistēmas līdzdalība izskaidro to, ka emocionāli notikumi ilgstoši iespiežas atmiņā.

Pārbaudiet sevi

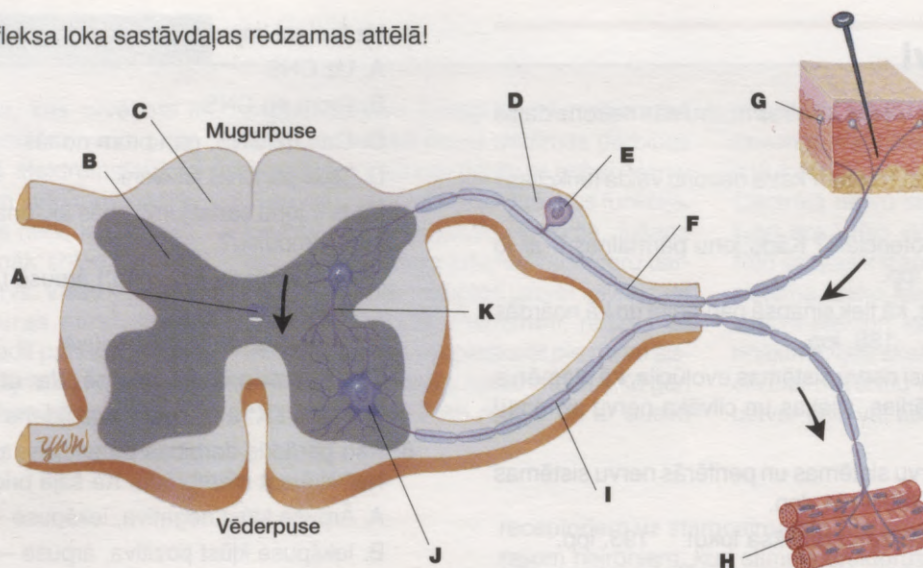
- Kāda ir neirona uzbūve? Kādas ir katras nosauktās neirona daļas funkcijas? 184. lpp.
- Nosauciet neironu veidus! Kādas ir katra neironu veida funkcijas? 184. lpp.
- Kā veidojas darbības potenciāls? Kādu jonu pārmaiņas ir ar to saistītas? 186.–187. lpp.
- Izskaidrojiet, kā veidojas, kā tiek sinapsē pārvadīta un kā noārdās neurotransmisīvā viela! 188. lpp.
- Izskaidrojiet, kā ir notikusi nervu sistēmas evolūcija, kā piemērus izmantojot hidras, planārijas, sliekas un cilvēka nervu sistēmu! 189.–190. lpp.
- Salīdziniet centrālās nervu sistēmas un perifērās nervu sistēmas uzbūvi un funkcijas! 190.–191. lpp.
- Uzzīmējiet muguras smadzeņu refleksa loku! 193. lpp.
- Salīdziniet autonomās nervu sistēmas simpātisko un parasimpātisko daļu! 195. lpp.
- Nosauciet cilvēka galvas smadzeņu galvenās daļas un to nozīmīgākās funkcijas! 196.–198. lpp.
- Raksturojiet limbisko sistēmu! Kāda ir tās iespējamā līdzdalība mācīšanās un atmiņas procesos? 199. lpp.
- Uz kuriem impulsu pārvada muguras nervi?
 - Uz CNS
 - Prom no CNS
 - Gan uz CNS, gan prom no tās
 - Tikai pa CNS iekšieni
- Kāds ir jonu sadalījums abās aksona pusēs tad, kad tas nevada nervu impulsu?
 - Vairāk nātrija jonu (Na^+) ārpusē un mazāk kālija jonu (K^+) iekšpusē
 - K^+ ārpusē un Na^+ iekšpusē
 - Uzlādēts proteīns ārpusē; Na^+ un K^+ iekšpusē
 - Na^+ un K^+ ārpusē un tikai ūdens iekšpusē
- Kad parādās darbības potenciāls, atveras nātrija vārti, kas ļauj Na^+ šķērsot membrānu. Kā šajā brīdī mainās polaritāte?
 - Ārpuse kļūst negatīva, iekšpuse – pozitīva
 - Iekšpuse kļūst pozitīva, ārpuse – negatīva
 - Lādiņš ārpusē un iekšpusē neatšķiras
 - Visas atbildes var būt pareizas
- Kas ir saistīts ar nervu impulsa pārvadi caur sinapsi?
 - Na^+ un K^+ pārvietošanās
 - Neurotransmisīvo vielu atbrīvošanās
 - Abi apgalvojumi ir pareizi
 - Neviens apgalvojums nav pareizs
- No kā sastāv autonomā nervu sistēma?
 - No CNS un perifērās nervu sistēmas
 - No somatiskās un skeleta sistēmas
 - No aferentās un eferentās sistēmas
 - No simpātiskās un parasimpātiskās sistēmas
- Kur atrodas sinaptiskie pūslīši?
 - Dendrītu vai aksonu galos
 - Tikai aksonu galos
 - Garo šķiedru visā garumā
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kurš pāris **nav** pareizs?
 - Puslodes – apziņa
 - Talāms – kustību un sajūtu centrs
 - Hipotalāms – iekšējās vides regulācija
 - Smadzenītes – kustību koordinācija

Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

- Kurā gadījumā minētajiem dzīvniekiem ir vispilnīgāk izveidotā CNS un perifērā nervu sistēma?
 - Hidra, planārija, slieka, trusis, cilvēks
 - Planārija, slieka, trusis, cilvēks
 - Slieka, trusis, cilvēks
 - Trusis, cilvēks
- Kuras ir muguras smadzeņu refleksa sākuma un beigu sastāvdaļas?
 - Aksons un dendrīts
 - Jušanas orgāns un muskulis efektors
 - Priekšējā saknīte un mugurējā saknīte
 - Kustību neirons un jušanas neirons
- Kurš veidojums nepieder pie pārējiem minētajiem?
 - Priekšsmadzenes
 - Smadzeņu garoza
 - Lielās puslodes
 - Smadzenītes

11. Paskaidrojiet, kādas refleksa loka sastāvdaļas redzamas attēlā!



Papildjautājumi

1. Visas dzīvnieku orgānu sistēmas piedalās homeostāzes nodrošināšanā.
Miniet vairākus veidus, kā nervu sistēma piedalās homeostāzes nodrošināšanā!
2. Segmentācija rada daļu specializāciju.
Kā ar segmentāciju saistītā specializācija attiecas uz nervu sistēmu?
3. Uzbūve atbilst funkcijām.
Kādā veidā neirona uzbūve atbilst tā funkcijām?

Multimediju izmantošana

Tēmu par neironiem un nervu sistēmu palīdzēs apgūt šādi multimediji.

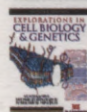


Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa
<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. The Dynamic Human Nervous System



CD-ROM disks. Explorations in Cell Biology & Genetics Nerve Conduction (#8) Synaptic Transmission (#9)



CD-ROM disks. Explorations in Human Biology Drug Addiction (#10)



Dabaszinātņu videofilmas Video #3: Animal Biology I Formation of Myelin Sheath (#22) Saltatory Nerve Conduction (#23) Signal Integration (#24) Reflex Arcs (#25)

Jēdzienu izpratne

Acetilholīnesterāze	188. lpp.	Neirolemmocīts	184. lpp.
Acetilholīns	188. lpp.	Neirons	184. lpp.
Aksons	184. lpp.	Neurotransmisīvā viela	188. lpp.
Autonomā nervu sistēma	195. lpp.	Nervs	192. lpp.
Centrālais kanāls	192. lpp.	Nervu šķiedra	184. lpp.
CNS	190. lpp.	Norepinefrīns (noradrenalīns)	188. lpp.
Darbības potenciāls	186. lpp.	Parasimpātiskā nervu sistēma	195. lpp.
Dendrits	184. lpp.	Perifērā nervu sistēma	190. lpp.
Galvas smadzenes	198. lpp.	Reflekss	193. lpp.
Ganglijs	191. lpp.	Simpātiskā nervu sistēma	195. lpp.
Hipotalāms	197. lpp.	Sinapse	188. lpp.
Iegarenās smadzenes	196. lpp.	Smadzenītes	197. lpp.
Jušanas neirons	184. lpp.	Smadzeņu apvalki	196. lpp.
Jušanas receptors	183. lpp.	Smadzeņu šķidrums	196. lpp.
Kustību neirons	184. lpp.	Somatiskā nervu sistēma	191. lpp.
Lēcienvēida vadišana	186. lpp.	Starpneirons	184. lpp.
Lielās puslodes	198. lpp.	Starpsmadzenes	197. lpp.
Limbiskā sistēma	199. lpp.	Summēšanās	188. lpp.
Mielīna apvalks	184. lpp.	Šūnas ķermenis	184. lpp.
Miera potenciāls	186. lpp.	Talāms	197. lpp.
Muguras nervs	191. lpp.	Tilts	196. lpp.
Muguras smadzenes	192. lpp.	Ventrikuls	196. lpp.
Mugurējās saknītes ganglijs	193. lpp.	Vidussmadzenes	197. lpp.
Neiroglijas šūna	184. lpp.		

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- _____ – organisma automātiska, ar gribu nesaistīta atbildes reakcija uz kairinājumu.
- _____ – viela, kas uzkrājas aksonu galos un atbild par pārvadi sinapsē.
- _____ – perifērās nervu sistēmas daļa, kas regulē iekšējos orgānus.
- _____ – neironu šūnu ķermeņu sakopojums, visbiežāk ārpus CNS.
- _____ – neurotransmisīvā viela, kas darbojas gan CNS, gan perifērajā nervu sistēmā.

Maņu orgāni

12.

NODAĻA

Nodaļas saturs

12.1. Vielu sajušana

- Dzīvniekiem ir hemoreceptori, kuri spēj uztvert vielas, kas atrodas barībā, šķidrums un gaisā. 206. lpp.
- Cilvēka garšas pumpuri un ožas šūnas ir hemoreceptori. 206. lpp.

12.2. Gaismas sajušana

- Posmkāju acs ir salikta acs, kas sastāv no daudzām sīkām vienībām. Cilvēka acs ir kamerveida acs ar vienu lēcu. 208. lpp.
- Redzes receptori satur pigmentus, kas uztver gaismas starus. 209., 212. lpp.
- Cilvēka acī nūjiņas darbojas minimālā apgaismojumā un uztver kustības, bet vāļītes darbojas spilgtā gaismā un uztver krāsas. 212. lpp.

12.3. Mehānisko kairinātāju sajušana

- Daudzām mehanoreceptoru šūnām ir skropstiņas. Tā, piemēram, skropstiņas ir zivju sānu līnijas šūnām vai cilvēka iekšējās auss šūnām. 214. lpp.
- Cilvēka iekšējā ausī ir līdzsvara sajūtas receptori un dzirdes receptori. 215. lpp.



Meitenīte ir apstājusies, lai apskatītu un pasmaržotu tulpes.

Kad cilvēks caur degunu ieelpo gaisu, tajā esošās molekulas savienojas ar viņa ožas šūnām. Šīs šūnas rada nervu impulsu, kas dodas uz galvas smadzenēm. Galvas smadzenēs ir specifiski rajoni, kas saņem informāciju no katra sajūtas orgāna. Ožas sajūta veidojas galvas smadzenēs. Katrs atsevišķais galvas smadzeņu rajons spēj izanalizēt tikai viena veida informāciju, piemēram, ožas zona spēj radīt vienīgi ožas sajūtu. Galvas smadzenes apkopo informāciju, kas nāk no dažādiem receptoriem, piemēram, puķi var uztvert ar dažādiem maņu orgāniem.

Sajūtu receptori veido saskares virsmu ar apkārtējo vidi, līdzīgi kā gremošanas orgāni vai elpošanas orgāni. Sajūtu receptori savāc informāciju, bet galvas smadzenes izdara secinājumus, piemēram, par laupījuma atrašanās vietu, tā iespējām izmukt un jebkuru cita veida uzvedību. Līdz ar to informācijas uztveršanai ir tikpat nozīmīga loma iekšējās vides relatīvā nemainīguma nodrošināšanā kā vielu apmaiņai ar apkārtējo vidi.

12.1. Vielu sajūšana

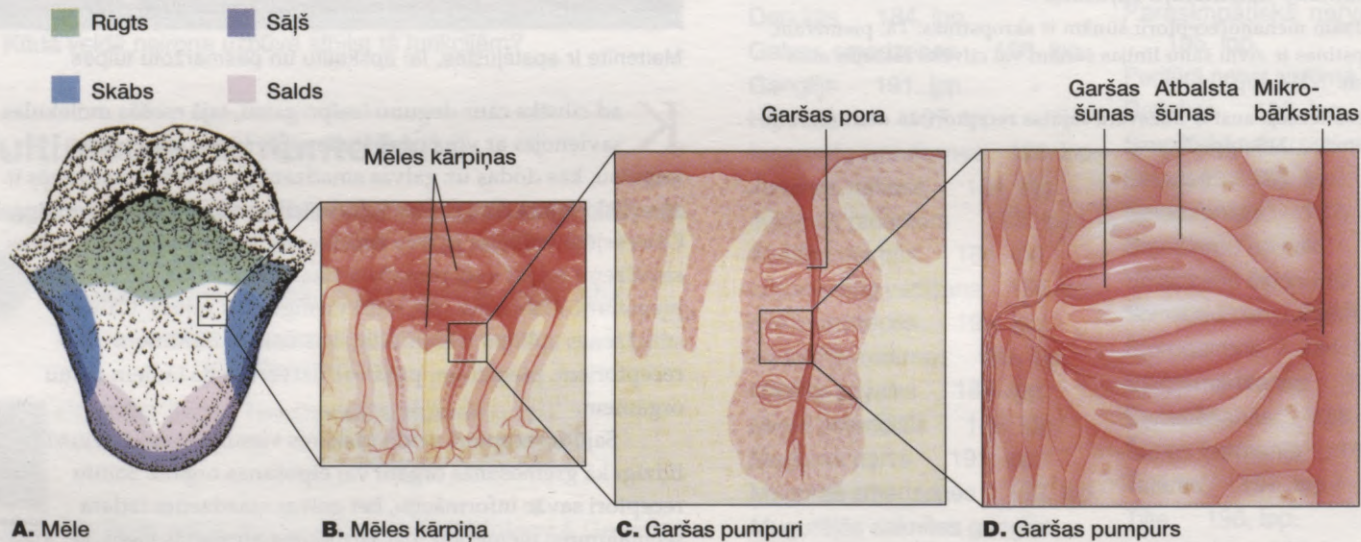
Garšas un ožas receptorus sauc par **hemoreceptoriem** jeb ķīmiskajiem receptoriem (gr. *chemo* – attiecas uz ķīmiskām vielām, lat. *receptor* – uztvērējs). Šie receptori spēj uztvert ēdienā, šķidrumos un gaisā esošas vielas. Tā kā hemoreceptori ir gandrīz visiem dzīvniekiem, tos uzskata par primitīvākajiem sajūtu uztvērējiem. Hemoreceptori atrodas pa visu planārijas ķermeņa virsmu, bet visvairāk to ir galvas sānos. Kukaiņiem, piemēram, mušai, hemoreceptori atrodas galvenokārt uz pēdām, tāpēc mušas garšu sajūt ar pēdām, nevis ar muti. Kukaiņi uztver arī gaisā esošus feromonus – ķīmisko sazināšanās līdzekli starp indivīdiem. Vēžiem, piemēram, omāriem un krabjiem, hemoreceptori atrodas mutes piedēkļos un taustekļos. Abiniekiem tie atrodas degunā, mutē un viscaur uz ādas. Viņi ar hemoreceptoru palīdzību var sameklēt partneri, uztvert kaitīgas vielas un atrast barību. Zidītājiem garšas receptori ir mutē, bet ožas receptori – degunā.

Sagaršošana ar garšas pumpuriem

Garšas pumpuri atrodas galvenokārt uz mēles (12.1. att.). Daudz to ir mēles kārpiņās – sīkos izciļņos uz mēles, kurus var saskatīt ar neapbruņotu aci. Atsevišķi garšas pumpuri atrodas cietajās aukslējās, rīkles galā un uzbalsenī.

Garšas pumpuri ir šūnu grupas, kas izspiežas cauri mēles epitēlijam un atveras ar garšas poru. Garšas pumpurs sastāv no atbalsta šūnām un daudzām garenām garšas šūnām, kuru galā ir mikrobārkstiņas. Plazmatiskās membrānas receptors ir proteīns (visticamāk – glikoproteīns), kas atrodas pie šūnas virsmas un savienojas ar noteiktu vielu molekulām. Plazmatiskās membrānas receptori atrodas mikrobārkstiņās. Kad noteiktas vielas molekula savienojas ar plazmatiskās membrānas receptoru, rodas elektroķīmiskas pārmaiņas, kas rada nervu impulsu ar garšas šūnu saistītajā jušanas nervu šķiedrā. Šie impulsi nonāk lielo pusložu pakauša daivā.

Ir četras garšas sajūtas – rūgta, skāba, sāļa un salda. Tās uztver garšas pumpuri, kuri ir koncentrēti noteiktos mēles rajonos (12.1. att. A). Visvairāk saldās garšas uztveres receptori atrodas mēles galā. Skābu garšu uztver galvenokārt mēles sānu daļas. Sāļu garšu uztver mēles gals un mēles priekšējā daļa. Mēles aizmugurējā daļā atrodas rūgtas garšas uztveres receptori. Jušanas nervu šķiedras šīs četras garšas sajūtas uztver pēc principa "visu vai neko". Galvas smadzenes rada kopējo garšas sajūtu. Informācija no ožas receptoriem nonāk lielajās puslodēs un arī smadzeņu stumbrā. Šai informācijai ir izdzīvošanas nozīme, jo zidainis var zīst pienu bez gribas kontroles.



12.1. att. Cilvēka garšas pumpuri

A. Izciļņus uz mēles sauc par kārpiņām. Mēles kārpiņas, kas sastāv no garšas pumpuriem, uztver saldu, skābu, sāļu un rūgtu garšu. **B.** Palielināta mēles kārpiņa. **C.** Garšas pumpuri atrodas mēles kārpiņu sienās. **D.** Šūnas, kas veido garšas pumpuru. Pumpurā esošajām garšas šūnām ir bārkstiņas, kas ir jutīgas pret vielām, kuras izraisa garšas sajūtas. Nervu impulsi rodas tad, kad vielas savienojas ar plazmatiskās membrānas receptoriem.

Saošana ar degunu

Cilvēka ožas sajūta ir atkarīga no ožas šūnām, kas atrodas deguna dobuma augšējā daļā (12.2. att.). Ožas šūnas ir pārveidoti neironi. Katra ožas šūna beidzas ar ožas skropstiņu pušķi, kurā ir dažādas vielas uztveroši plazmatiskās membrānas receptori. Kad smaržīgās vielas molekulas saistās ar šiem receptoriem, rodas nervu impulss, kas pa nervu šķiedru nonāk galvas smadzeņu priekšpusē esošajā ožas sīpolā. Iespējams, ka tur notiek kaut kāda informācijas apstrāde, pirms šī informācija tiek nosūtīta uz lielo pusložu deniņu daivu, kur rodas smaržas sajūta.

Pētījumi liecina, ka ir aptuveni tūkstošs dažādu smaržu receptoru. Daudzām ožas šūnām ir līdzīgi receptori. Smarža aktivē noteiktas šūnas, un informācija no tām tiek apvienota ožas sīpolā, bet galvas smadzenes rada konkrētu smaržas sajūtu.

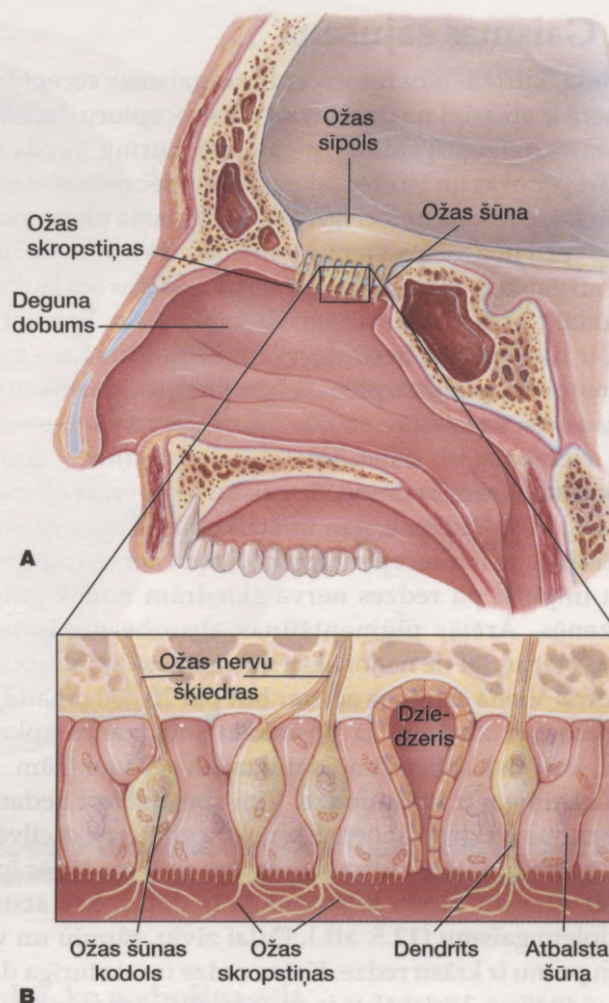
Ožas receptori, līdzīgi kā taustes un temperatūras receptori, pie ārējiem kairinātājiem pierod. Tātad pēc kāda laika konkrēto vielu klātbūtne gaisā vairs nerada nervu impulsus ožas šūnās un cilvēks vairs smaržu nesajūt.

Ožas un garšas sajūta viena otru papildina, jo galvas smadzenes rada kombinējošu efektu. Piemēram, ja cilvēkam ir iesnas, viņam liekas, ka barība ir zaudējusi garšu, bet būtībā ir zaudēta tikai spēja uztvert barības smaržu. Pastāv arī pretēja sakarība. Ja cilvēks kaut ko sasmaržo, daļa vielas molekulu no deguna nonāk mutē un kairina garšas pumurus. Līdz ar to daļa no sajūtām, ko mēs uzskatām par smaržu, var būt arī garša (12.3. att.).

Garšas receptori (garšas šūnas) un ožas receptori (ožas šūnas) darbojas saskaņoti, radot cilvēkam garšas un smaržas sajūtu.

12.3. attēls. Sajūta un uzturs

Ja jums ir jāievēro diēta, tad ieteicams katru dienu ēst viena veida ēdienus, nevis dažādus kārdinošus ēdienus. Smaržu un garšu daudzveidība rosina apetīti, un jūs varat apēst daudz vairāk barības, nekā nepieciešams.



12.2. attēls. Cilvēka ožas šūnas

A. Ožas epitēlijs cilvēkam atrodas deguna dobuma augšējā daļā.
B. Palielinājumā var redzēt, ka ožas šūnas ir pārveidoti neironi, kuri atrodas blakus atbalsta šūnām. Kad vielas kairina ožas šūnas, ožas nerva šķiedras pārvada impulsus uz ožas sīpolu. Impulsi pa ožas neironiem nonāk galvas smadzenēs.

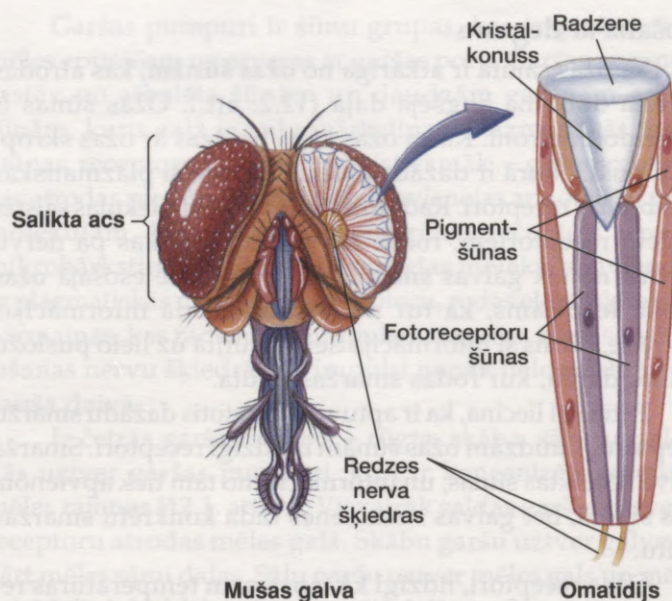


12.2. Gaismas sajušana

Dzīvnieki, kuriem nav fotoreceptoru (gaismas receptoru), lielā mērā ir atkarīgi no dzirdes un ožas receptoru darbības. Zem zemes dzīvojoši zīdītāji, piemēram, kurmji, vadās galvenokārt pēc ožas un taustes sajūtas, nevis pēc redzes sajūtas. Vienkāršākie fotoreceptori (gr. *photos* – gaisma un lat. *receptor* – uztvert) nodrošina vienīgi gaismas atšķiršanu no tumšas, kā arī gaismas intensitātes uztveri. Planārijas acs laukumi ļauj noteikt arī gaismas avota virzienu. Acis, kas uztver attēlu, ir tikai četrām bezmugurkaulnieku grupām – zarnobumaiņiem, posmtārpiem, gliemjiem un posmkājiem. **Saliktas acis**, kas sastāv no daudzām atsevišķām, neatkarīgām vienībām jeb omatīdijiem (gr. *ommatium* – acs), ir posmkājiem. Katrā omatīdijā ir gaismu uztveroši elementi (12.4. att.). Gan radzene, gan kristālkonusus kalpo gaismas novirzīšanai uz fotoreceptoriem, kuri rada nervu impulsus. Nervu impulsi pa redzes nerva šķiedrām nonāk galvas smadzenēs. Ārējās pigmentšūnas absorbē noklaidušos gaismas starus, lai tie nenonāktu no vienas saliktās acs vienības otrā. Vienā saliktajā acī var būt pat 28 000 omatīdiju. Pagaidām nav zināms, kā posmkāju smadzenes apkopo attēlus, kuri tiek saņemti no daudzajām acs vienībām.

Kukaiņiem ir krāsu redze. Viņi spēj uztvert nedaudz īsāka garuma elektromagnētiskā spektra viļņus nekā cilvēks. Viņi var redzēt daļu no ultravioletajiem stariem, tāpēc īpaši labi var saskatīt ziedu reproduktīvās daļas, kas atstaro ultravioleto gaismu (12.5. att.). Daļai zivju, rāpuļu un vairumam putnu ir krāsu redze. Krāsu redze ir raksturīga daudziem zīdītājiem. Vislabāk tā ir attīstīta cilvēkam un pārējiem primātiem. Šī īpašība ir raksturīgs pielāgojums tiem dzīvniekiem, kuri ir aktīvi dienā.

Mugurkaulniekiem un dažiem gliemjiem, piemēram, kalmāriem un astoņkājiem, ir **kamerveida acis**. Tā kā gliemji nav tuvi radnieki mugurkaulniekiem, tad šī līdzība ir konverģences piemērs evolūcijā. Kamerveida acī tikai viena lēca fokusē attēlu uz fotoreceptoriem, kuri atrodas cieši cits pie cita. Mugurkaulniekiem lēca var mainīt savu formu, lai nodrošinātu attēla fokusēšanos. Gliemjiem lēca var pārvietoties tuvāk un tālāk. Visus fotoreceptorus kopumā var salīdzināt ar fotofilmas fragmentu, lai gan cilvēka acs uzbūve ir sarežģītāka par fotoaparāta uzbūvi.



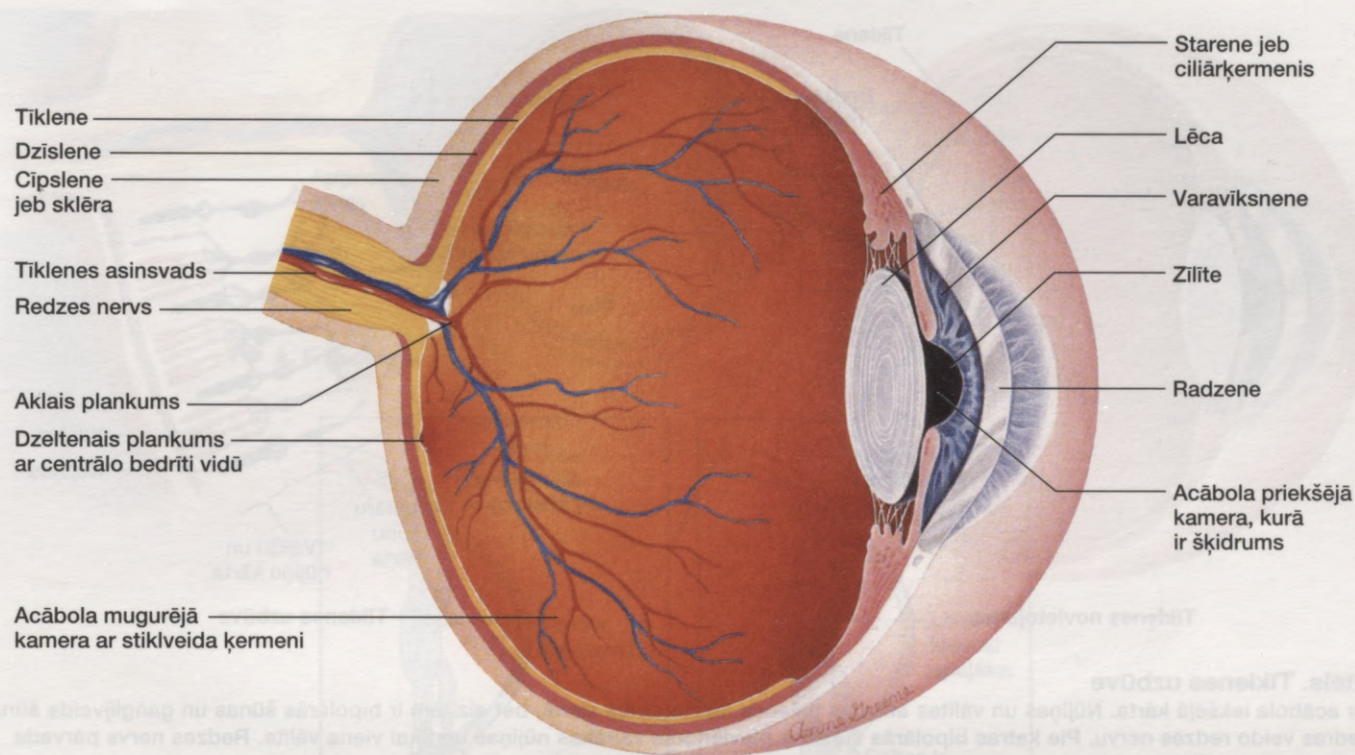
12.4. attēls. Salikta acs

Katrai acs redzes vienībai ir radzene un kristālkonusus jeb lēca, kas fokusē gaismu uz fotoreceptoriem. Tie savukārt rada nervu impulsus, kuri tiek pārvadīti uz galvas smadzenēm, kur rodas mozaikas veida attēls.



12.5. attēls. Nektāra ceļvedis

Naktssvece (*Oenothera*), kādu to redz cilvēks (kreisajā pusē) un kukainis (labajā pusē). Cilvēks ziedā nesaskata krāsojumu, bet kukainis atšķir krāsu laukumu, jo viņa acs uztver ultravioletos starus. Šis krāsu zīmes ir kukaiņa ceļvedis uz zieda reproduktīvajām daļām, kur viņš barojas ar nektāru un vienlaikus savāc ziedputekšņus.



12.6. attēls. Cilvēka acs uzbūve

Cīpslene acs priekšējā daļā pārvēršas par radzeni, bet dzīslene ir saistīta ar stareni un varavīksneni. Tiklenē ir redzes receptori. Centrālā bedrīte dzeltenajā plankumā ir vieta, kur attēls ir visasākais. Aklais plankums atrodas tur, kur no tiklenes atiet redzes nervs. Šajā vietā nav redzes receptoru.

12.1. tabula

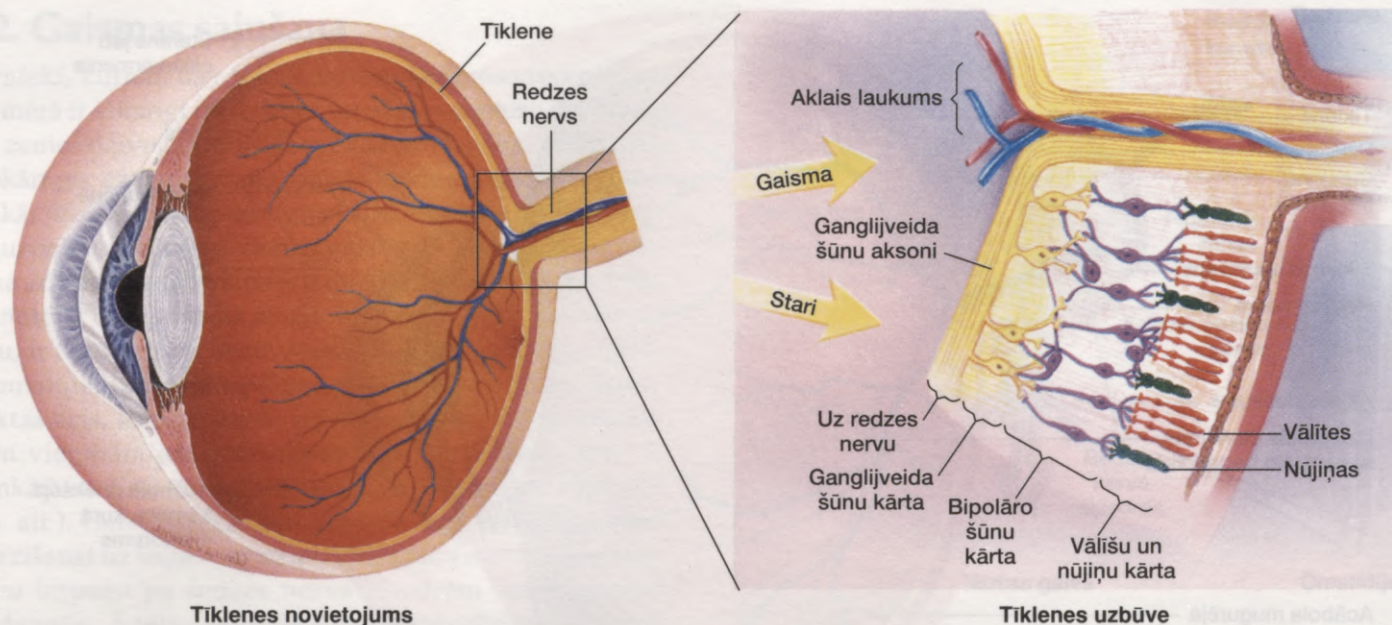
Acs daļu funkcijas

Daļa	Funkcija
Lēca	Uztver un fokusē gaismu
Varavīksnene	Regulē gaismas iekļūšanu acī
Zilīte	Ielaiž acī gaismu
Cīpslene	Balsta un aizsargā acābolu
Dzīslene	Absorbē gaismas starus
Radzene	Lauž gaismas starus
Stiklveida ķermenis	Lauž gaismas starus
Starene	Notur lēcu vietā, neregulē to
Tiklene	Satur redzes receptorus
Nūjiņas	Nodrošina gaismas un tumsas uztveri
Vāļītes	Nodrošina krāsu redzi
Redzes nervs	Pārvada impulsus uz galvas smadzenēm
Centrālā bedrīte	Nodrošina skaidru attēlu

Redze, ko nodrošina acis

Cilvēka acs galvenās sastāvdaļas un to funkcijas ir apkopotas 12.1. tabulā.

Cilvēka acij ir izstieptas lodes forma. Tās diametrs ir aptuveni 2,5 cm. Acij ir trīs kārtas – cīpslene, dzīslene un tiklene (12.6. att.). Ārējā kārtā jeb **cīpslene** (gr. *skleros* – ciets) ir necaurredzams, balts, šķiedrains apvalks, kas pārklāj acs lielāko daļu. Acs priekšējā daļā cīpslene pārvēršas par caurspīdīgu **radzeni**. Plānā, tumši brūnā vidējā acs kārtā ir **dzīslene** (gr. *chorion* – apvalks), kurā ir daudz asinsvadu un pigmentu. Tie absorbē nomaldījušos gaismas starus. Acs priekšējā daļā dzīslene kļūst biezāka un veido gredzenveida stareni un gredzenisku, muskuļainu **varavīksneni**, kura regulē **acs zilītes** lielumu un piesūķir acij krāsu. **Lēca**, kas ar saitēm ir piestiprināta pie starenes, sadala aci divās daļās – acābola priekšējā un mugurējā kamerā. Acābola priekšējo kameru jeb dobumu starp radzeni un lēcu aizpilda ūdeņains šķidrums. Lielāko acābola telpu aiz lēcas jeb acābola mugurējo kameru aizpilda recekljains šķidrums, ko sauc par stiklveida ķermeni.



Tiklenes novietojums

Tiklenes uzbūve

12.7. attēls. Tiklenes uzbūve

Tiklene ir acābola iekšējā kārtā. Nūjiņas un vāļītes atrodas tiklenes aizmugurējā sienā, bet aiz tām ir bipolārās šūnas un ganglijveida šūnas, kuru šķiedras veido redzes nervu. Pie katras bipolārās šūnas ir pievienotas vairākas nūjiņas un tikai viena vāļīte. Redzes nervs pārvada impulsus uz lielo pusložu pakauša daivu caur redzes hiazmu.

Tiklenes uzbūve

Acābola iekšējā kārtā jeb **tiklenē** (lat. *retis* – tīkls) ir redzes receptori – **nūjiņas** un **vāļītes** (12.7. att.). Nervu impulss, kas rodas nūjiņās un vāļītēs, iziet cauri bipolārajām šūnām un nonāk ganglijveida šūnās. Šo šūnu šķiedras iziet cauri tiklenes sienai, veidojot **redzes nervu** (gr. *optikos* – ar redzi saistīts). Tas pārvada impulsus uz galvas smadzenēm. Vāļīšu un nūjiņu ir daudz vairāk nekā no ganglijveida šūnām atejošo nervu šķiedru. Tātad impulsi sajaucas un apvienojas, pirms tie nonāk galvas smadzenēs. Tajā vietā, kur no tiklenes atiet redzes nervs, nav ne vāļīšu, ne nūjiņu, tāpēc to sauc par aklo plankumu.

Tiklenes centrā atrodas tā saucamais dzeltenais plankums. Tas ir ovāls, dzeltens laukums ar centrālo bedrīti, kurā ir ļoti daudz nūjiņu (sk. 12.6. att.), tāpēc dienā tajā ir visasākā krāsu redze. Naktī dzeltenais plankums ir gandrīz nejutīgs. Nakts laikā aktīvas ir vāļītes, kas atrodas pārējā tiklenes daļā.

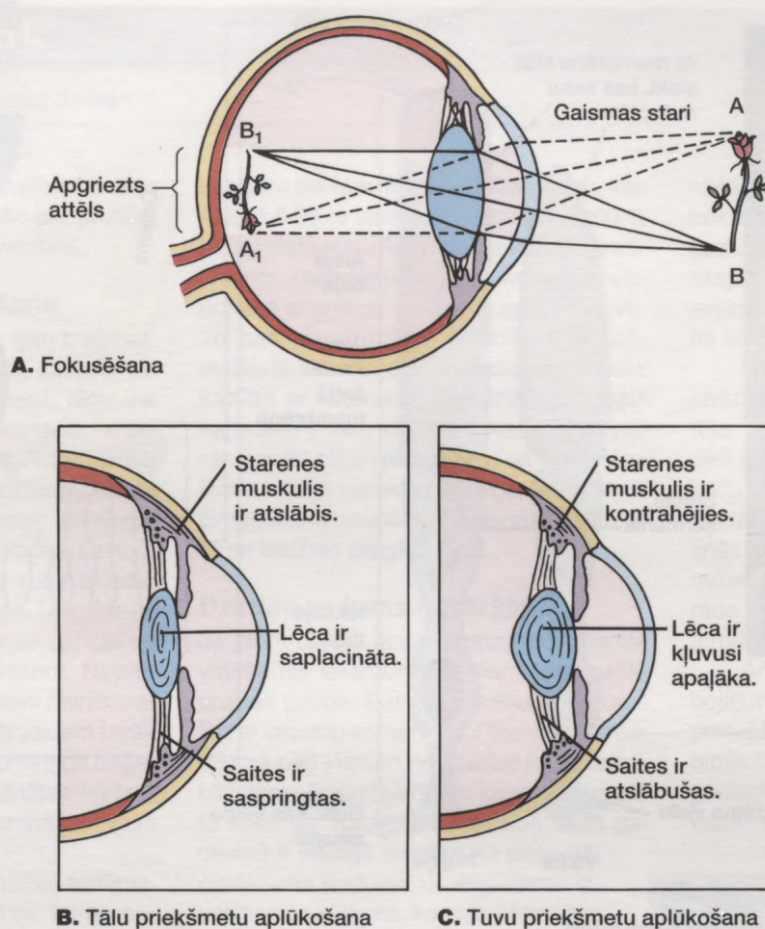
Aklumu var izraisīt dažādi cēloņi, piemēram, glaukoma. Veselam cilvēkam ūdeņainais šķidrums, ko veido starene, no acābola priekšējās kameras aizplūst pa sīkiem vadiņiem. Ja cilvēkam ir glaukoma, sīkie vadiņi ir aizsprostoti un ūdeņainais šķidrums uzkrājas, palielinot spiedienu acī. Rezultātā tiek saspiestas artērijas, kas pievada asinis tiklenes nervu šķiedrām. Šis nervu šķiedras atmirst barības vielu trūkuma dēļ, bet cilvēks pakāpeniski zaudē redzi.

Cilvēka acij ir trīs kārtas – ārējā kārtā jeb cīpslene, vidējā kārtā jeb dzīslene un iekšējā kārtā jeb tiklene. Vienīgi tiklenē ir redzes receptori.

Lēcas kalpo gaismas fokusēšanai. Gaismas stari, kas nonāk acī, tiek laužti. Gaismas staru laušanu veic radzene, lēca un stiklveida ķermenis. Tie tiek fokusēti uz tiklenes. Tiklene kļūst plakanāka, ja tiek aplūkoti tālāki objekti, bet apaļāka, ja aplūko tuvāk esošus objektus, jo tad stari ir jālauž spēcīgāk, lai iegūtu skaidru attēlu. Šādas lēcas formas pārmaiņas sauc par acs akomodāciju (12.8. att.).

Tāpēc, ka notiek staru laušana, attēls uz tiklenes veidojas apgriezts (12.8. att. A), bet tas tiek saskatīts pareizi, tikai pateicoties galvas smadzeņu darbībai. Tika veikts eksperiments, kura laikā zinātnieki nēsāja brilles, kas attēlu apgriezta otrādi. Sākumā bija grūti noteikt priekšmetu novietojumu, bet drīz vien visi sāka redzēt normāli. Eksperiments pierāda, ka tiklene pasauli uztver ar kājām gaisā, bet smadzenes iemācās šo attēlu veidot pareizi.

Lēca kopā ar radzeni un stiklveida ķermeni veido attēlu uz tiklenes.



12.8. attēls. Gaismas fokusēšana cilvēka aci

A. Gaismas stari, kas no katra objekta punkta nonāk aci, radzenē, lēcā un stiklveida ķermenī, tiek laužti. Šā procesa rezultātā uz tīklenes veidojas samazināts un apgriezts attēls. **B.** Ja aplūko tālus priekšmetus, lēca ir plakana, jo starenes muskulis ir atslābis, bet saites, ar kurām lēca ir piestiprināta, ir saspringtas. **C.** Ja aplūko tuvu esošus priekšmetus, lēca kļūst apaļāka, jo starenes muskulis kontrahējas, liekot saitēm atslābt.

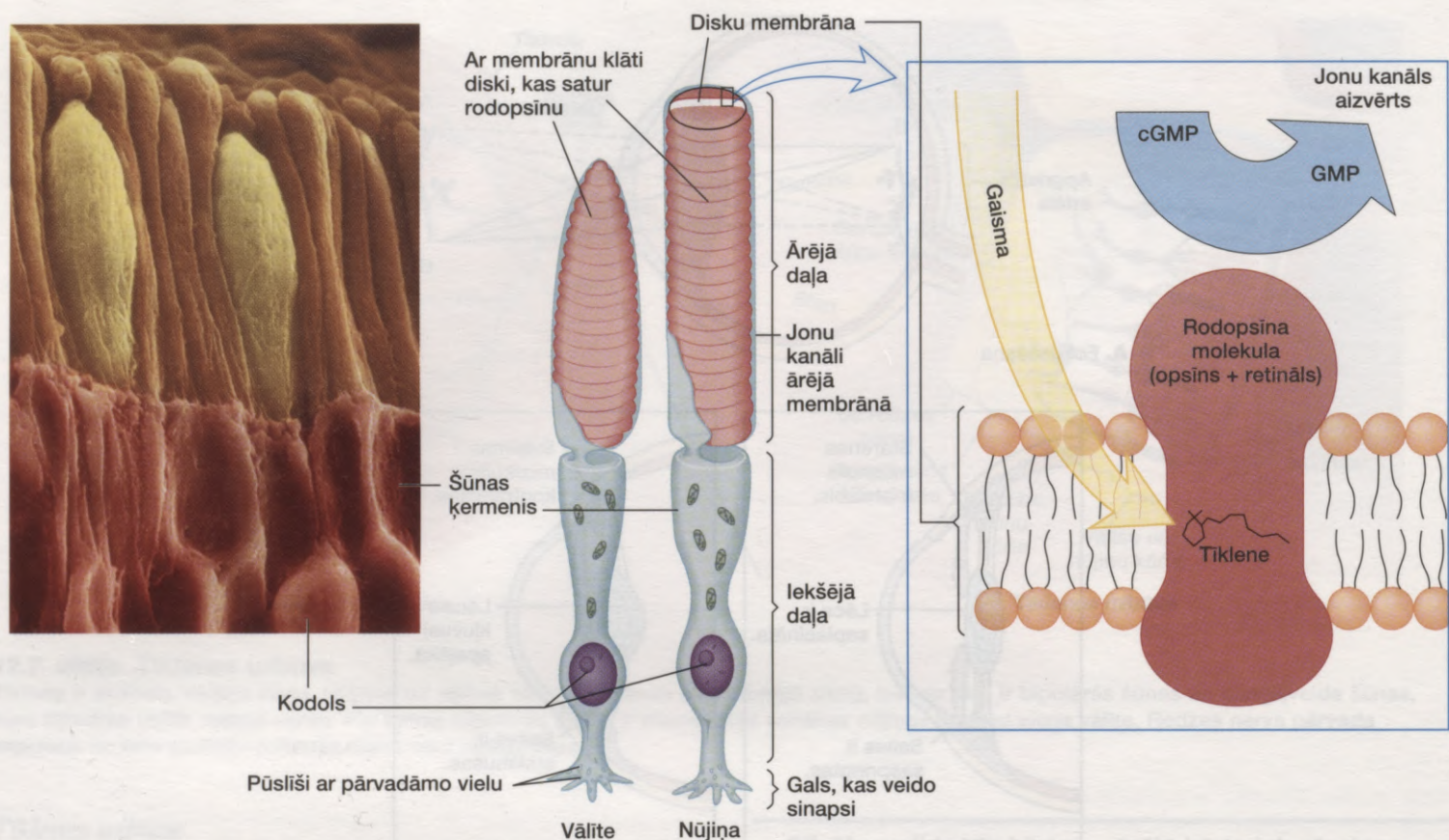
Acu palīgi

Cilvēkam kļūstot vecākam, acs lēca zaudē akomodācijas spēju tuvu priekšmetu aplūkošanai (12.8. att. B), tāpēc rodas nepieciešamība pēc brillēm, ar kuru palīdzību var lasīt. Gan vecums, gan raudzišanās saules gaismā var radīt arī kataraktu. Šīs slimības gadījumā lēca kļūst necaurspīdīga un nelaiž cauri gaismas starus. Vispirms ķirurgs atver aci radzenes malā. Tad ar enzīma zonulizīna palīdzību atdala lēcu no saitēm. Visbiežāk ķirurgi izmanto lēcas saldēšanas metodi, jo sasaldētu lēcu ir vieglāk atdalīt no acs. Pēc tam aci ievieto mākslīgo lēcu, kas tiek piestiprināta pie varavīksnienes. Tad pacientam nav nepieciešams nēsāt brilles ar bieziem stikliem vai kontaktlēcas.

Cilvēkus, kuri labi var saskatīt tuvumā esošus objektus, bet nevar skaidri saredzēt tālumā esošus objektus, sauc par tuvredzīgiem. Viņiem parasti ir pagarinātas formas acāboli, tāpēc, aplūkojot tālus objektus, skaidrs attēls veidojas pirms tīklenes. Šiem cilvēkiem ir jālieto brilles ar ieliektiem stikliem.

Tās novirza gaismas starus tā, lai skaidrs attēls veidotos uz tīklenes. Mūsdienās tuvredzīgos var ārstēt ar jaunas metodes – keratotomijas palīdzību. Radzenē izdara četrus līdz astoņus griezumus tā, lai tie ietu no centra uz malām, līdzīgi kā spieķi ritenī. Kad griezumi sadzīst, radzene ir saplacināta. Daļa pacientu ir apmierināti ar operācijas rezultātiem, citi tomēr sūdzas par žilbinošu gaismu un citiem redzes traucējumiem.

Cilvēkus, kuri var labi saskatīt redzes pārbaudes tabulu, bet neredz tuvu esošus objektus, sauc par tālredzīgiem. Viņiem visbiežāk ir saisināts acābols. Tālredzīgam cilvēkam, mēģinot saskatīt tuvus objektus, skaidrs attēls aci veidojas aiz tīklenes. Tāpēc viņiem ir jānēsā brilles ar izliektiem stikliem, kas pastiprina gaismas staru laušanu un rada skaidru attēlu uz tīklenes. Ja lēcas vai radzenes virsma ir nelīdzena, attēls ir neskaidrs. Šo defektu sauc par astigmatismu. To likvidē, lietojot brilles ar īpašiem stikliem, lai kompensētu radzenes nevienādīgumu.



12.9. attēls. Nūjiņu un vāļiņu uzbūve un funkcijas

Nūjiņu un vāļiņu ārējo daļu veido ar membrānu klātu disku kaudzītes. Šie diski satur redzes pigmentu. Nūjiņām katra diska membrāna satur rodopsīnu – kompleksu savienojumu, kas sastāv no proteīna opsīna un pigmenta retināla. Kad retināls absorbē gaismas enerģiju, tas maina savu formu un aktivē rodopsīnu. Līdz ar to sākas reakciju virkne, kuru rezultātā cikliskais guanozīna monofosfāts (cGMP) pārvēršas par neciklisko guanozīna monofosfātu (GMP). Pēc tam jonu kanāli noslēdzas, vadot nervu impulsus.

Redze ir saistīta ar ķīmiskām reakcijām. Nūjiņas kairina tikai vājā gaismā, tāpēc tās nodrošina redzi naktī. Daudzās nūjiņas kustības uztver labāk par vāļītēm, tomēr nūjiņas nespēj veidot krāsainu un skaidru attēlu. Vājā apgaismojumā priekšmeti izskatās izplūduši un pelēki. Nūjiņas ārējās daļas disku jeb lamelu membrānās ir daudz **rodopsīna** (gr. *rodon* – sārts un *opsis* – krāsa) molekulu (12.9. att.). Rodopsīns ir komplekss savienojums, kura molekula sastāv no proteīna (opsīna) un pigmenta retināla (A vitamīna atvasinājums). Kad gaismā nokļūst uz retināla, tas maina savu formu, rodopsīns ir aktivēts. Nūjiņas ārējās daļas membrānā ir daudz jonu kanālu, kurus tumsā atvērtus tur guanozīna monofosfāts (GMP). Rodopsīna aktivācija rada cikliskā guanozīna monofosfāta (cGMP) daudzuma samazināšanos un nātrija jonu kanālu aizvēršanos. Rezultātā nūjiņas iekšienē palielinās negativitāte, kas maina nervu impulsu biežumu bipolārajās un pēc tam ganglijuveida šūnās, aizsūtot informāciju uz galvas smadzenēm. Nūjiņas ir jutīgas vājā gaismā, jo rodopsīns

iedarbojas uz daudziem proteīniem. Rezultātā tiek šķeltas daudzas cikliskā guanozīna monofosfāta molekulas. Līdz ar to notiek sākotnējā stimula pastiprināšana.

Vāļītes atrodas galvenokārt dzeltenajā plankumā, un tās aktivē spilgtā gaismā. Vāļītes palīdz uztvert skaidru un krāsainu attēlu. Krāsu redzi nosaka trīs veidu vāļītes, kurās ir zilais, zaļais un sarkanais pigments. Visu vāļiņu pigments sastāv no retināla un opsīna, tikai katram vāļiņu veidam ir citāda opsīna struktūra ar atšķirīgām absorbcijas spējām. Iespējams, ka krāsu starptoni stimulē atšķirīgā vāļiņu kombinācijas un nervu impulsu apvienojums galvas smadzenēs rada dažādo krāsu uztveri.

Gaismas receptori cilvēka acī ir nūjiņas un vāļītes. Vāļītes nodrošina krāsu redzi un darbojas spilgtā gaismā, bet nūjiņas nodrošina redzi vājā apgaismojumā.

Uzziniet tuvāk

► Redzes un dzirdes aizsardzība

Līdz ar vecumu var rasties nopietni redzes un dzirdes traucējumi. Tāpēc jau jaunībā jāsāk domāt, kā no tiem izvairīties.

Redzes zuduma novēršana

Acis var bojāt gan slimības, gan traumas. Gadās, ka kaut kas iekrīt acī, caurdur radzeni un sabojā varavīksneni, lēcu vai tikleni. Acu ievainojumi var rasties, neuzmanīgi lietojot kontaktlēcas. Traumu dēļ aklums rodas aptuveni 4 % gadījumu, tomēr visbiežāk aklumu rada tiklenes slimības, glaukoma, katarakta un citas kaites. Cukura diabēta izraisītā retinopātija rada aklumu cilvēkiem vecumā no 20 līdz 74 gadiem. Tās gadījumā pārplīst radzenes kapilāri un asinis ieplūst stiklveida ķermenī. Nepātraukti regulējot glikozes līmeni asinīs, var palīdzēt cukura diabēta slimniekiem izvairīties no šīs slimības. Plankumveida deģenerācijas gadījumā tiek noārdītas vāļītes, jo dzīslenes asinsvadi pārsnāgs un vairs nepilda savas funkcijas.

Ja pasliktinās acs drenāžas sistēma, šķidrums bojā nervu šķiedras, kuras nodrošina perifēro redzi. Acu ārsts vienmēr pārbauda, vai cilvēkam neveidojas glaukoma. Ieteicams acu ārstu apmeklēt regulāri, jo glaukoma attīstās strauji. Tie cilvēki, kuriem ir bijusi akūta glaukoma, apgalvo, ka acāboli šķītuši smagi kā akmeņi. Kataraktas gadījumā mākoņveida plankumi pamazām pārklāj visu acs lēcu. Duļķainā dzeltenbaltā lēca izklidē acī ienākošos gaismas starus un neļauj redzēt.

Ir vairāki profilaktiski pasākumi, kas mazina iespēju vecumā iegūt redzes defektus. Ir pierādījies, ka plankumveida deģenerācijas un kataraktas veidošanos vecumā veicina ilgstoša skatīšanās saules ultravioletajos staros. Tāpēc ikvienam, kas bieži uzturas ārā, kad spīd saule, ieteicams lietot stikla (nevis plastmasas) saulesbrilles, kas absorbē saules gaismu. Labu aizsardzību sniedz brilles ar lieliem, tuvu sejai

esošiem stikliem. Ir arī speciālas brilles, kas absorbē 99 % ultravioleto staru B un 60 % ultravioleto staru A. Tās ir paredzētas gadījumiem, kad spilgtā saules gaisma ir apvienojumā ar sniega vai ūdens spožumu. Veselības aizsardzības speciālisti ir konstatējuši, ka smēķētājiem ir palielināts risks saslimt ar kataraktu. Divkārs risks iegūt kataraktu ir tiem vīriešiem, kas smēķē vairāk par 20 cigaretēm dienā, un sievietēm, kuras smēķē vairāk par 35 cigaretēm dienā. Smēķēšana traucē asiņu piegādi un līdz ar to arī barības piegādi lēcai.

Dzirdes zuduma novēršana

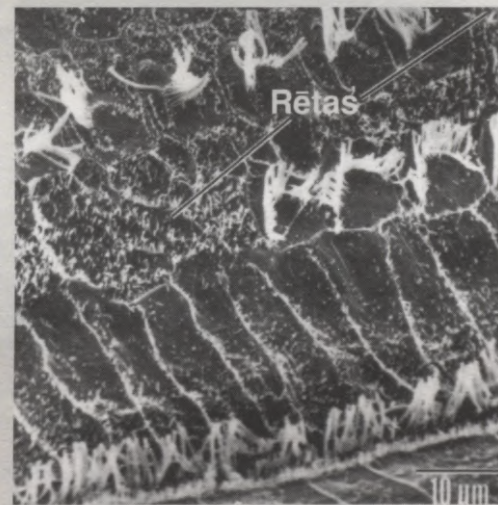
Ja jauni cilvēki ārsta uzraudzībā neārstē vidusauss iekaisumu, viņiem var pasliktināties dzirde. Dzirdes kauliņu kustīgums līdz ar vecumu samazinās. Otosklerozes gadījumā pāri vienam no dzirdes kauliņiem – kāpslītīm pāraug šķiedrains kauls, kas traucē tā kustības. Ķirurģiska palīdzība šādā gadījumā ir vienīgā iespēja, kā pasargāt cilvēku no kurluma. Ir iespējams izvairīties no kurluma, ko rada pārmērīgs troksnis. Ir pierādīts, ka pat jaundzimušā ausis ir jāsargā no skaļa trokšņa.

Mūsdienu sabiedrība cieš no pārmērīga trokšņa (to mēra decibelos). Troksnis, kas ir skaļāks par 80 decibelu, var radīt bojājumus spirālā orgāna jeb Kortija orgāna šūnās. Rezultātā šīs šūnas var pavisam izzust (12.A. att.). Ja pat regulārs, ilgstošs satiksmes līdzekļu radīts troksnis pilsētā var radīt dzirdes traucējumus, tad noteikti dzirdi bojā bieža rokkoncertu apmeklēšana un skaļās mūzikas klausīšanās ar radio-austiņām. Pirmie vēstneši par dzirdei draudošām briesmām ir īslaicīga dzirdes pasliktināšanās, spiediena sajūta vai zvanišana ausīs. Ja parādās kāds no šiem simptomiem, nekavējoties jāatsakās no ieraduma atrasties troksnī. Tikai tā var novērst tālāku dzirdes paslikti-

nāšanos. Ja nav iespējams izvairīties no trokšņa, ir jālieto īpašas skaņu slāpējošas austiņas vai ausu korķi, kas pagatavoti no saspiežama sūkļveida materiāla. Tos var iegādāties aptiekās. Šie ausu korķi atšķiras no tiem, kurus lieto peldot.

Dzirdi var bojāt ne tikai skaļa mūzika, sadzīves tehnika, piemēram, grīdas bonierējāmā mašīna un motorzāģis, bet arī motocikli un sacīkšu mopēdi. Pēkšņu dzirdes zudumu var radīt arī sprādziena troksnis. Gadās, ka medniekiem ievērojami pasliktinās dzirde tajā ausī, pie kuras uz pleca netiek nests ierocis, jo bises resnais gals rada nelielu aizsardzību tai ausij, pie kuras atrodas ierocis.

Arī daži medikamenti var radīt dzirdes bojājumus. Dzirdes traucējumu var radīt pretvēža zāles (cisplatīns) un dažas antibiotikas (streptomīcīns, kanamicīns un gentamicīns). Šo zāļu lietotājiem īpaši jāizvairās no skaļiem trokšņiem.



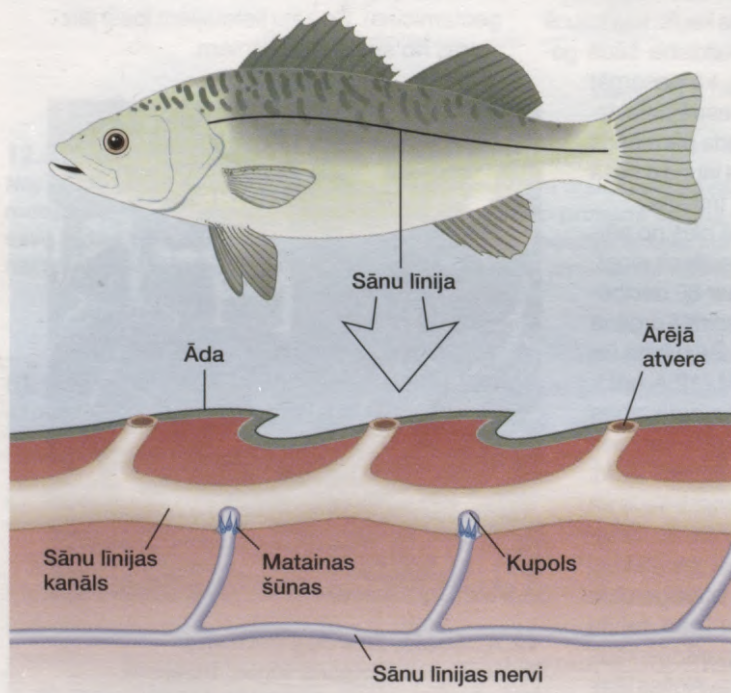
12.A. attēls. Dzirdes zudums

Bojātas spirālā orgāna šūnas. Bojājums jūrascūciņas ausī radās, turot dzīvnieku 24 stundas tādā troksnī, kāds ir rokkoncerta laikā.

12.3. Mehānisko kairinātāju sajušana

Mehanoreceptori (gr. *mechane* – mašīna un lat. *receptor* – saņēmējs) ir jutīgi pret mehāniskajiem kairinātājiem, piemēram, spiedienu, skaņas viļņiem, gravitācijas spēku. Cilvēka ādā ir dažāda veida mehanoreceptori, piemēram, pieskāriena receptori un spiediena receptori. **Spiediena receptorus** sauc par Pačīni ķermenīšiem. Tie ir līdzīgi sīpolam, jo sastāv no daudzām koncentriskām saistaudu kārtām, kuras ietver jušanas neirona galu. Turpretī sāpju receptorus veido jušanas neironu gali (dendriti), kas nav pārklāti ar mielīna apvalku. Daļa sāpju receptoru ir īpaši jutīgi pret mehāniskajiem kairinātājiem, bet citi vairāk reaģē uz temperatūru vai ķīmiskām vielām.

Dažādos mugurkaulnieku maņu orgānos ir sastopamas matainas šūnas jeb šūnas ar matiņiem. Zivīm un abiniekiem šādas šūnas atrodas sānu līnijā, kas uztver ūdens spiedienu un spiediena viļņus no tuvumā esošiem objektiem. Primitīvākajām zivīm un abiniekiem receptori ir pa visu ķermeni, bet augstāk attīstītām zivīm tie atrodas kanālā, kuram ir atveres uz zivs ķermeņa virsmas (12.10. att.).



12.10. attēls. Zivs sānu līnija

Sānu līnijas novietojums (augšā) un sistēmas gargriezums (apakšā). Galvenajam kanālam ir atveres uz āru. Kanāla iekšienē ir matainas šūnas, kuras atrodas recekļainā kupolā. Tās darbojas kā spiediena jušanas receptori.

Sānu līnijas receptori ir mataino šūnu sakopojumi. Šīs šūnas atrodas recekļainas vielas kupolā. Kad spiediena ietekmē kupols deformējas, matainās šūnas rada nervu impulsus. Zivij dzirdes pūslīši ir veidojušies no sānu līnijas priekšējās daļas.

Cilvēka auss uzbūve

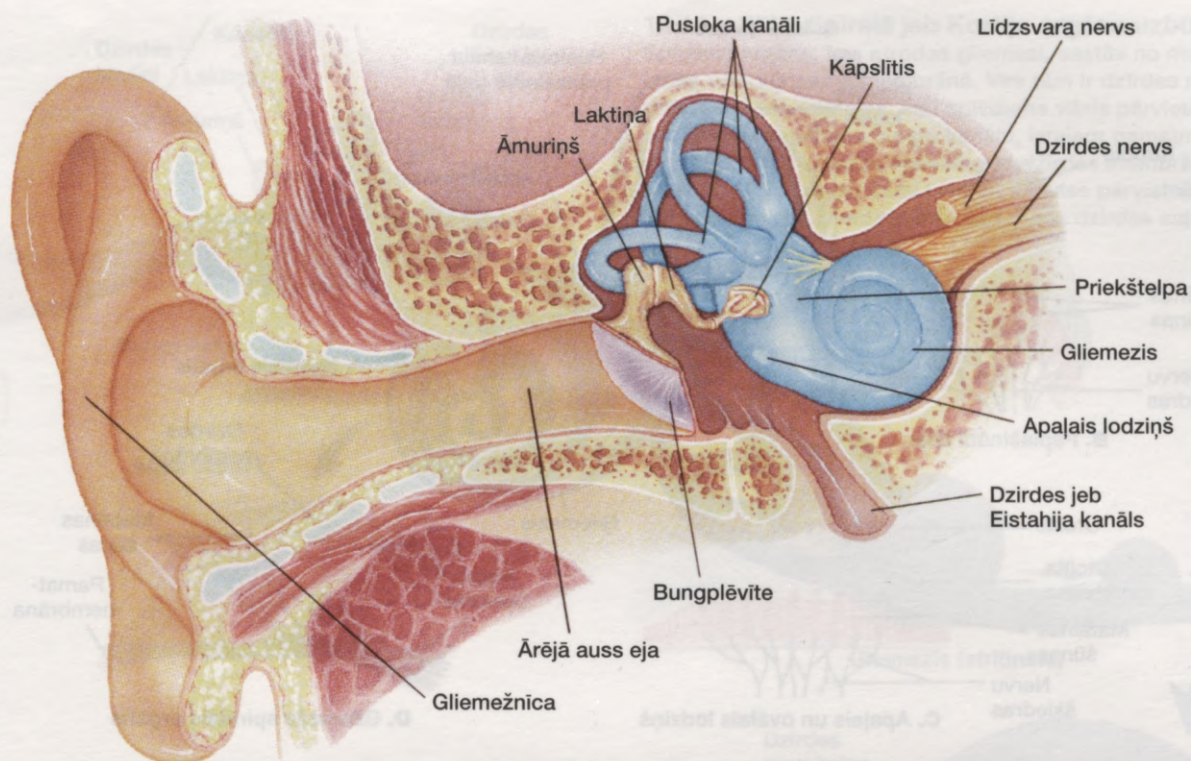
Cilvēka auss sastāv no trim daļām – ārējās auss, vidusauss un iekšējās auss. Iekšējās auss evolūcija saistīta ar zivs sānu līniju. Cilvēka iekšējā ausī atrodas gan līdzsvara, gan skaņas uztveres receptori.

Ārējā auss sastāv no auss gliemežnīcas un auss ārējās ejas. Auss ārējā eja ir sīki matiņi, kas filtrē gaisu. Ejas augšējā daļā atrodas pārveidotie sviedru dziedzeri, kuri izdala ausu sēru (tas ir vasks), kas ausi pasargā no netīrumu iekļūšanas. **Vidusauss** sākas ar dzirdes membrānu jeb bungplēvīti (gr. *tympanum* – bungas) un beidzas pie kaula sienas, kurā ir sīkas, ar membrānu klātas atveres – ovālais un apaļais lodziņš. Starp bungplēvīti un ovālo lodziņu atrodas trīs dzirdes kauliņi. Tos sauc par āmuriņu, laktiņu un kāpšlīti. Nosaukumi atbilst kauliņu izskatam. Dzirdes jeb Eistahija kanāls vidusausi savieno ar rīkles dobuma augšējo daļu jeb aizdeguni. Šis kanāls palīdz izlīdzināt spiedienu ausī un ārpus tās. Košļājamās gumijas košļāšana, žāvāšanās un rīšana palīdz virzīt gaisu caur dzirdes kanālu. To der ievērot lidzuma laikā, lai izvairītos no nepatīkamām sajūtām, lidmašīnai paceļoties vai nosēžoties, kā arī ātrgaitas liftā. Šīs darbības palīdz izlīdzināt spiedienu uz bungplēvīti no auss ārpusē un no iekšpuses.

12.2. tabula

Auss daļu funkcijas

Daļa	Funkcija
Ārējā auss	
Gliemežnīca	Sakopo skaņu viļņus
Auss ārējā eja	Filtrē gaisu
Vidusauss	
Bungplēvīte un dzirdes kauliņi	Pastiprina skaņu viļņus
Dzirdes kanāls	Izlīdzina spiedienu
Iekšējā auss	
Kaula un plēves labirinti	Nodrošina statisko līdzsvaru
Pusloka kanāli	Nodrošina dinamisko līdzsvaru
Gliemezis	Spirālā jeb Kortija orgāna radītās skaņas pārvērš nervu impulsā, kas rada dzirdes sajūtu



2.11. attēls. Cilvēka auss uzbūve

Vidusausī āmuriņš, laktiņa un kāpslītis pastiprina skaņas viļņus. Ja kāpslīša savienojums ar iekšējo ausi kļūst nekustīgs, rodas slimība otoskleroze, kuras dēļ auss nav spējīga normāli funkcionēt. Tad šis kauliņš jāaizstāj ar plastmasas virzuli, lai skaņas viļņi atkal sasniegtu gliemezi un cilvēks varētu normāli dzirdēt.

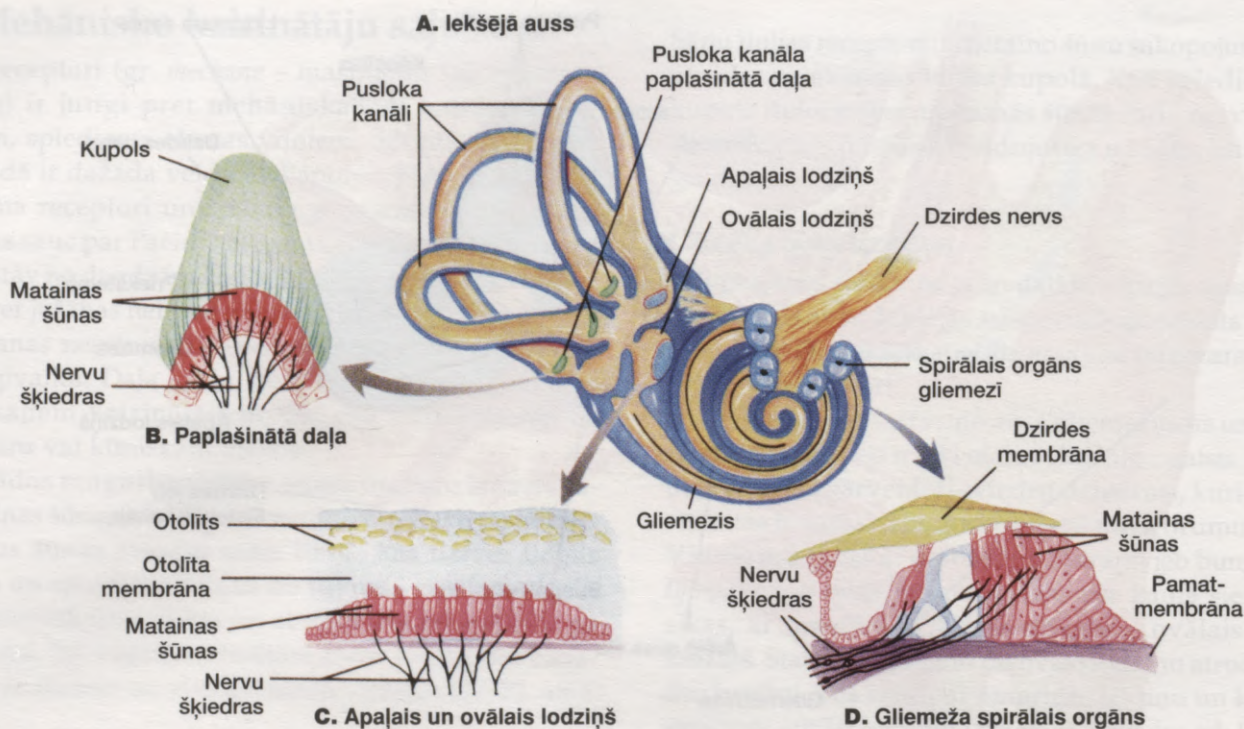
Vidusausis atrodas deniņu kaulā, kurā ir gaisa spraugas. Infekcijas iekļūšana vidusausī var radīt nopietnu slimību – vidusausis iekaisumu; tas nekavējoties jāārstē. Deniņu kaulā atrodas arī **iekšējā auss**. Tai ir plēves un kaula labirints. Kaula labirintam ir trīs pusloka kanāli, priekštelpa un gliemezis. Šie ar membrānām klātie kanāli un dobumi ir pildīti ar dzidru šķidrumu – endolimfu.

Ir trīs savstarpēji perpendikulāri novietoti pusloka kanāli. Katram pusloka kanālam ir paplašināta sākumdaļa, kurā atrodas recekļainā kupolā iegremdētas matainas šūnas.

Priekštelpa atrodas starp pusloka kanāliem un gliemezi. Plēves labirints priekššēpā veido divus savienotus maisiņus (apaļais un ovālais lodziņš), kuros ir matainas šūnas; šīs šūnas novietotas recekļainā vielā – dzirdes mem-

brānā. Uz tās guļ kalcija karbonāta (CaCO_3) graudiņi jeb otolīti (gr. *otos* – auss un *litos* – akmens). Iekšējās auss gliemezis (lat. *cochlea* – gliemežveida) atgādina gliemeža čaulu. Tas sastāv no vestibulārā kanāla, spirālā kanāla un bungu kanāla. Gliemeža pamatmembrānu veido dažāda garuma tievas šķiedras – šūnu matiņi. Uz pamatmembrānas ir spirālais jeb Kortija orgāns, kurš saskaras ar dzirdes nerva šķiedrām. Dzirde nervs aizvada impulsus uz smadzenēm.

Ausij ir trīs daļas – ārējā auss, vidusausis un iekšējā auss. Ārējā auss sastāv no auss gliemežnīcas un ārējās auss ejas; vidusausī ir dzirdes kauliņi; iekšējā ausī ir pusloka kanāli, priekštelpa un gliemezis.

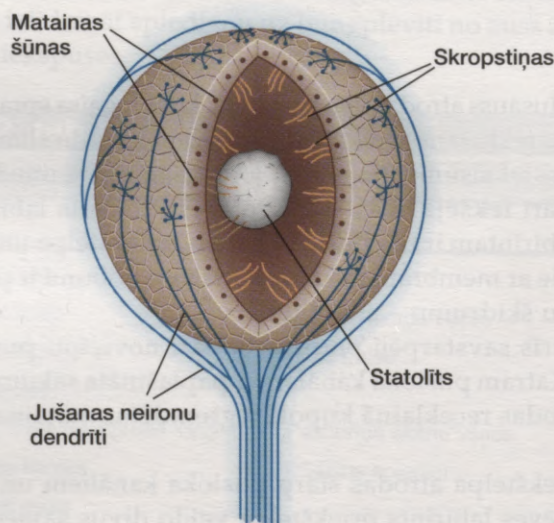


12.12. attēls. Iekšējās auss uzbūve

A. Iekšējā auss sastāv no pusloka kanāliem, priekštelpas, kurā ir apaļais un ovālais lodziņš, un gliemeža. Gliemezis ir attēlots atsevišķi, lai parādītu spirālā orgāna novietojumu. **B.** Pusloka kanālu paplašinātajā sākumdaļā atrodas receptori (matainas šūnas), kuri uztver dinamisko līdzsvaru. **C.** Plēves labirinta apaļais un ovālais lodziņš ir mazi maisiņi, kuros ir receptori (matainas šūnas), kas uztver statisko līdzsvaru. **D.** Dzirdes receptori (matainas šūnas) atrodas spirālajā orgānā.

Mataino šūnu loma līdzsvara nodrošināšanā

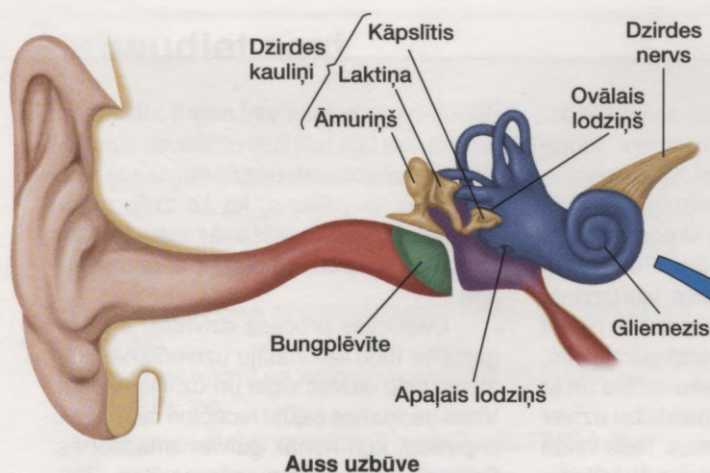
Līdzsvara sajūtu var iedalīt dinamiskā līdzsvara sajūtā, kas saistīta ar galvas kustībām, un statiskā līdzsvara sajūtā, kas saistīta ar galvas novietojumu vertikāli vai horizontāli. Tā kā ir trīs pusloka kanāli, katrs no tiem uztver galvas kustības citā virzienā. Kad pusloka kanālā esošais šķidrums plūst pāri kupolam, tajā esošo šūnu skropstiņas izliecas un rada nervu impulsus, ko līdzsvara nervs nogādā galvas smadzenēs (12.12. att. A). Nepārtraukta šķidruma plūsma pusloka kanālos var radīt nelabu dūšu. Ovālais lodziņš īpaši labi uztver galvas horizontālo novietojumu un kustības horizontālā virzienā, bet apaļais lodziņš labāk uztver kustības vertikālā virzienā (uz augšu un uz leju). Kad ķermenis atrodas miera stāvoklī, ovālajā un apaļajā lodziņā esošie otolīti guļ virs membrānas matainajām šūnām (12.12. att. B). Kad galva vai ķermenis pārvietojas horizontālā vai vertikālā virzienā, otolīti izkustas no vietas un šūnu skropstiņas noliecas. Skropstiņu noliekššanās virziens informē smadzenes par to, kādā virzienā pārvietojas galva. Līdzīga veida orgāni (statocisti) ir atrodami zarndobumaiņiem, gliemjiem un vēžiem. Statocistus sauc par statiskā līdzsvara orgāniem, jo tie sniedz informāciju vienīgi par ķermeņa novietojumu, bet nav saistīti ar ķermeņa pārvietošanos (12.13. att.).



12.13. attēls. Statocists

Statolīts ir gliemju un vēžu statocista sīka sastāvdaļa, kas uztver dzīvnieka stāvokļa maiņu. Kad statolīts pārstāj kustēties, tas kairina tuvumā esošo mataino šūnu skropstiņas. Šīs šūnu skropstiņas rada impulsus, kuri informē par ķermeņa novietojumu.

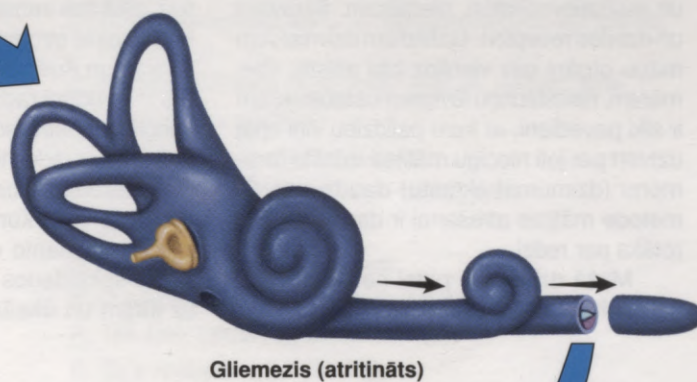
Dinamiskā līdzsvara sajūtu rada šķidrums pārvietošanās pusloka kanālos. Statiskā līdzsvara sajūtu rada otolīta pārvietošanās ovālajā un apaļajā lodziņā.



Auss uzbūve

12.14. attēls. Spirālā jeb Kortija orgāna uzbūve

Spirālais orgāns, kas atrodas gliemezī, sastāv no matainām šūnām, kuras atrodas pamatmembrānā. Virs tām ir dzirdes membrāna. Dzirdes sajūta veidojas, kad spiediena vilnis pārvietojas no vestibulārā kanāla uz bungu kanālu, izraisot pamatmembrānas vibrāciju un skropstiņu noliekšanos dzirdes membrānā. (Ir vairāk nekā 20 000 mataino šūnu.) Nervu impulss pārvietojas pa dzirdes nervu uz galvas smadzenēm – tad rodas dzirdes sajūta.

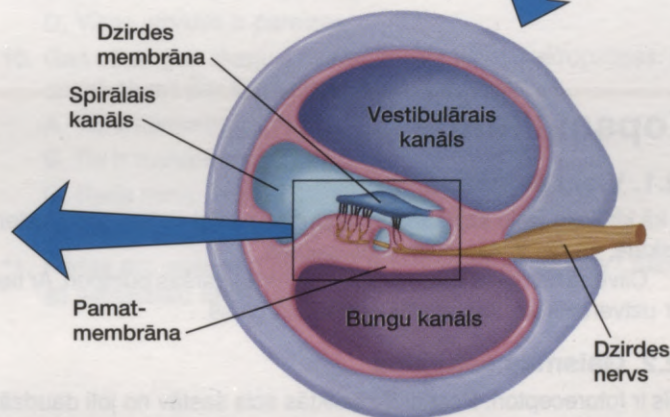


Gliemezis (atrināts)



Skropstiņas

2 μm



Gliemezis (šķērsgriezumā)

Mataino šūnu loma dzirdes nodrošināšanā

Skaņu uztvere sākas tad, kad skaņu viļņi nonāk ārējās auss ejā, izraisot dzirdes kauliņu vibrācijas un ovālā lodziņa svārstības. Skaņa tiek pastiprināta. Enerģija, ko savāc bungplēvītē, koncentrējas uz daudz mazāku ovālā lodziņa virsmu.

Kad skaņa ir sasniegusi ovālo lodziņu, iekšējā ausī rodas spiediena vilnis, kas pārvietojas pa vestibulāro kanālu caur bazālo membrānu un apaļā lodziņa izliekumu uz bungu kanālu. Pamatmembrānas svārstības rada dzirdes membrānā iestiprināto šūnu skropstiņu noliekšanos (12.14. att.). Dzirdes nervā rodas nervu impulsi, kas aizceļo uz galvas smadzeņu stumbru un sasniedz lielo pusložu dzirdes daivu. Tajā tas tiek uztverts kā skaņa.

Spirālais orgāns sākumdaļā ir šaurs, bet tas paplašinās spirālā kanāla virzienā. Katra spirālā orgāna daļa ir jutīga pret dažādu viļņu frekvencēm. Spirālā orgāna galotne uztver zemas skaņas, piemēram, taures skaņas, bet tā pamatne uztver augstas skaņas, piemēram, zvana vai svilpes radītās skaņas.

Nervu šķiedras no katras spirālā orgāna daļas nogādā impulsus uz nedaudz atšķirīgiem galvas smadzeņu rajoniem. Tātad skaņas augstums, kuru mēs dzirdam, ir atkarīgs gan no tā, kādas spirālā orgāna daļas šūnu skropstiņas tiek kairinātas, gan no tā, kāda smadzeņu pusložu dzirdes zonas daļa to analizē. Skaņas skaļums ir atkarīgs no skaņas viļņu amplitūdas. Skaļas skaņas rada spēcīgu gliemezī esošā šķidrumsa vibrāciju un stipras pamatmembrānas svārstības augšup un lejup. Galvas smadzenes nodod skaļas skaņas sajūtu. Ļoti skaļa skaņa var izraisīt kurlumu (sk. 213. lpp.).

Skaņu uztver matainās šūnas, kas atrodas spirālā orgāna pamatmembrānā. Kad pamatmembrāna vibrē, šūnu skropstiņas rada nervu impulsus, kas tiek pārvadīti uz galvas smadzenēm.

Pārskats

Informāciju gan par iekšējo, gan ārējo vidi dzīvnieki iegūst ar dažiem receptoriem. Šajā nodaļā tika aplūkoti trīs receptoru veidi – hemoreceptori jeb ķīmiskie receptori, piemēram, ožas un garšas receptori, fotoreceptori jeb gaismas receptori, kas atrodas acīs, un mehanoceptori, piemēram, līdzsvara un dzirdes receptori. Dažādiem dzīvniekiem maņu orgāni nav vienlīdz labi attīstīti. Piemēram, naktstauriņu tēviņiem uz taustekļiem ir sīki pavedieni, ar kuru palīdzību viņi spēj uztvert pat ļoti niecīgu mātītes izdalīto feromonu (dzimumatraktantu) daudzumu. Šī metode mātītes atrašanai ir daudz piemērotāka par redzi.

Mežā dzīvojošie putni nevar cits citu pamanīt ar redzes palīdzību, tāpēc par

sazināšanās līdzekli viņi izmanto skaņas. Tomēr citi putni, piemēram, vanagi, lidojumā spēj saskaņot pat sīku, pa zemi skrejošu peli. Sikspārņi ir pielāgojušies barību sameklēt tumsā. Viņi raida skaņu signālus un klausās, kā tie atstarojas. Pēc tā, cik ilgā laikā tiek saņemta atbalss, viņi uzzina, kur kukainis atrodas. Unikālas spējas piemīt Āfrikas un Austrālijas elektriskajām zivīm. Šīs zivis ūdenī rada elektrisko strāvu un ar speciālu elektroreceptoru palīdzību uztver strāvas pārvades traucējumus. Tādā veidā viņas atrod upurus un pamana šķēršļus.

Dzīvnieki, kuri migrē, dažādus maņu orgānus izmanto ceļa atrašanai. Laši izšķīlas saldūdeņos un kāpura stadijā ceļo uz jūrām un okeāniem. Trešā vai ceturtā

dzīves gada beigās viņi migrē atpakaļ uz vietām, kur bija izšķīlušies. Savas dzimtas vietas atrašanos laši precīzi nosaka ar ožas palīdzību. Iespējams, ka šo zivju nervu sistēma saglabā izšķīlšanās vietas ūdens straumes smaržu, ko piešķir augi un augsnē.

Evolūcijas procesā dzīvnieki ir pielāgojušies tādu kairinātāju uztveršanai, kuri atbilst viņu dzīves videi un dzīvesveidam. Visos gadījumos sajūtu receptori rada nervu impulsus, kuri nonāk galvas smadzenēs. Saņemtie impulsi tur rada sajūtas. Zīdītājiem, tātad arī cilvēkam, informācija, kas nāk no dažādiem receptoriem, tiek apkopota, un tā viņi iegūst priekšstatu par apkārtējo vidi.

Kopsavilkums

12.1. Vielu sajušana

Tā kā ķīmisko vielu sajušana ir raksturīga pilnīgi visiem dzīvniekiem, uzskata, ka tās ir visprimitīvākās sajūtas.

Cilvēka hemoreceptori ir ožas šūnas un garšas pumpuri. Ar tiem var uztvert vielas, kas atrodas ūdenī un gaisā.

12.2. Gaismas sajušana

Acis ir fotoreceptori. Posmkāju saliktās acis sastāv no ļoti daudzām vienībām, bet cilvēkam ir kamerveida acis. Acī ir tikai viena lēca. Acs sastāvdaļas un to funkcijas ir uzskaitītas 12.1. tabulā.

Redzes receptori cilvēkam atrodas acs tīklenē. Tās ir nūjiņas un vāļītes. Nūjiņas darbojas pat tad, ja apgaismojums ir minimāls. Tās uztver kustības. Vāļītes darbojas tikai spilgtā apgaismojumā un uztver krāsas.

Vāļītēs esošais pigments rodopsīns sastāv no opsīna un retināla. Kad gaisma skar rodopsīnu, retināls maina savu formu un aktivē opsīnu. Ķīmiskās pārvērtības rada nervu impulsus, kuri nonāk redzes nervā.

Ir trīs veidu vāļītes, kas satur zilu, zaļu un sarkanu pigmentu. Lai gan visos šajos pigmentos ir gan retināls, gan opsīns, tomēr katrā no tiem opsīna struktūra ir atšķirīga.

12.3. Mehānisko kairinātāju sajušana

Pie mehanoceptoriem pieder cilvēka ādā esošie taustes un spiediena receptori. Daudzi mehanoceptori ir maitainas šūnas ar skropstiņām. Tādi receptori ir, piemēram, zivs sānu līnijā un cilvēka iekšējā ausī.

Cilvēka auss daļas un to funkcijas ir aplūkotas 12.2. tabulā. Iekšējā ausī atrodas līdzsvara orgāns. Šķidrums kustība pāri šūnu skropstiņām pusloka kanālos rada dinamiskā līdzsvara sajūtu. Apaļajā un ovālajā lodziņā esošo kalcija karbonāta kristālu (bezmugurkaulniekiem statocistu) kustības rada statiskā līdzsvara sajūtu.

Spirālā orgāna pamatmembrānā esošās maitainās šūnas ir saistītas ar skaņu sadzirdēšanu. Spiediena vilņi, kas nāk no ovālā lodziņa, izraisa pamatmembrānas svārstības, radot dzirdes membrānas skropstiņu noliekšanos. Rezultātā maitainajās šūnās rodas nervu impulsi, kuri pa dzirdes nervu tiek aizvadīti uz galvas smadzenēm.

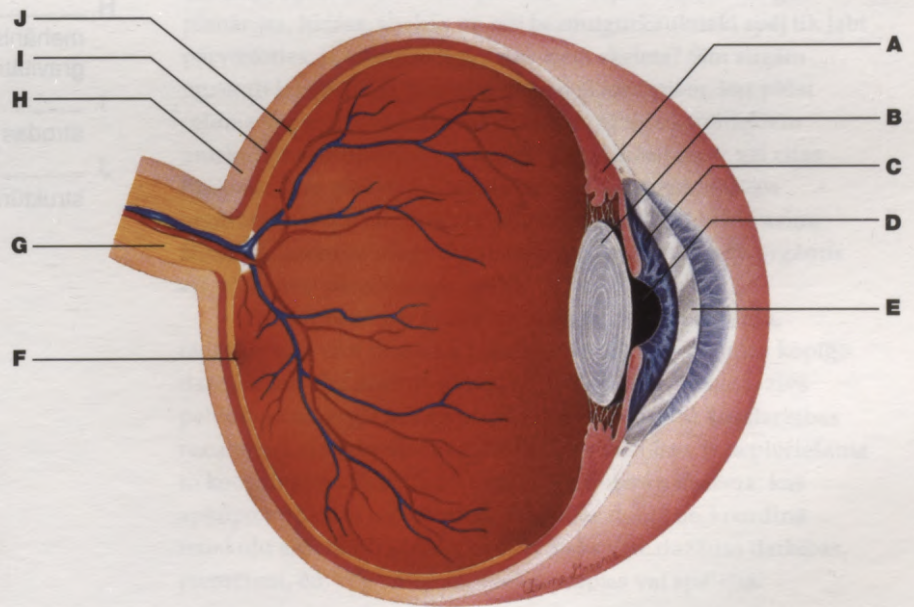
Pārbaudiet sevi

1. Kāda ir cilvēka hemoreceptoru uzbūve un funkcijas? 206.–207. lpp.
2. Kādas ir galvenās atšķirības posmkāju un cilvēka acs uzbūvē? 208. lpp.
3. Kuru dzīvnieku acs uzbūve ir līdzīga cilvēka acs uzbūvei? 209. lpp.
4. Nosauciet cilvēka acs sastāvdaļas! Kādas ir to funkcijas? 209. lpp.
5. Salīdziniet nūjiņu un vālišu novietojumu un funkcijas! 210.–212. lpp.
6. Kāda veida mehanoreceptori ir cilvēka ādā? 214. lpp.
7. Kā darbojas zivs sānu līnija? Kāpēc uzskata, ka tajā ir mehanoreceptori? 214. lpp.
8. Raksturojiet cilvēka auss uzbūvi! 214.–215. lpp.
9. Kāda ir pusloka kanālu un apaļā un ovālā lodziņa loma līdzsvara saglabāšanā? 216. lpp.
10. Paskaidrojiet, kā cilvēks dzird! 217. lpp.

Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

1. Kas ir receptors?
 - A. Refleksa loka sākumdaļa
 - B. Nervu impulsu radītājs
 - C. Viena veida kairinātāju uztvērējs
 - D. Visas atbildes ir pareizas
2. Kāds ir pareizais gaismas staru ceļš cilvēka acī?
 - A. Cīpslene, tīklene, dzīslene, lēca, radzene
 - B. Dzeltētais plankums, zīlīte, stiklveida ķermenis, lēca
 - C. Radzene, zīlīte, lēca, stiklveida ķermenis, tīklene
 - D. Redzes nervs, cīpslene, dzīslene, tīklene, stiklveida ķermenis
3. Kura saistība **nav** pareiza?
 - A. Lēca – fokusēšana
 - B. Varavīksnene – gaismas daudzuma regulācija
 - C. Dzīslene – nūjiņu atrašanās vieta
 - D. Cīpslene – aizsardzība
4. Kurā no nosauktajām struktūrām atrodas mehanoreceptori?
 - A. Cilvēka ādā
 - B. Zivs sānu līnijā
 - C. Posmkāju statocistos
 - D. Visas atbildes ir pareizas
5. Kura saistība **nav** pareiza?
 - A. Sānu līnija – zivs
 - B. Salikta acs – posmkājis
 - C. Kamerveida acs – kalmārs
 - D. Statocists – jūraszvaigzne
6. Ko sasniedz skaņu vibrācijas?
 - A. Dzirdes kanālu
 - B. Dzirdes membrānu
 - C. Pusloka kanālus
 - D. Auss gliemezi
7. Kur atrodas spirālais orgāns?
 - A. Iekšējā ausī starp dzirdes membrānu un ovālo lodziņu
 - B. Vestibulārā aparāta ovālajā un apaļajā lodziņā
 - C. Gliemeža kanālā starp dzirdes membrānu un bazālo membrānu
 - D. Pusloka kanālos starp ārējo ausi un iekšējo ausi
8. Kurš pāris **nav** pareizs?
 - A. Pusloka kanāli – iekšējā auss
 - B. Ovālais un apaļais lodziņš – ārējā auss
 - C. Auss kanāls – ārējā auss
 - D. Dzirdes kauliņi – vidusauss
9. Kurš apgalvojums par retinālu ir pareizs?
 - A. Tas spēj uztvert gaismas enerģiju
 - B. Tā ir rodopsīna sastāvdaļa
 - C. Tas atrodas gan nūjiņās, gan vālitēs
 - D. Visas atbildes ir pareizas
10. Gan ožas, gan skaņu uztveres receptoriem ir skropstiņas. Kurš apgalvojums par šiem receptoriem ir pareizs?
 - A. Tie ir hemoreceptori
 - B. Tie ir mehanoreceptori
 - C. Rada nervu impulsus
 - D. Visas atbildes ir pareizas
11. Kādas acs sastāvdaļas attēlā ir atzīmētas ar burtiem? Kādas ir šo sastāvdaļu funkcijas?



Papildjautājumi

1. *Visas orgānu sistēmas piedalās homeostāzes nodrošināšanā.*
Miniet vairākus veidus, kā maņu orgāni piedalās homeostāzes nodrošināšanā!
2. *Dzīvniekiem visas orgānu sistēmas darbojas saskaņoti un ietekmē cita citu.*
Kādā veidā sadarbojas nervu sistēma un maņu orgāni?
3. *Dzīvnieki spēj reaģēt tikai uz noteiktiem kairinātāju veidiem.*
Kāds labums no tā, ka dzīvnieki spēj uztvert tikai noteikta veida kairinātājus?

Multimediju izmantošana

Tēmu par sajūtu orgāniem palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>

(izvēlieties bioloģiju)



Dabaszinātņu videofilmas

Video #3: *Animal Biology I*

Organ of Static Equilibrium (#26)

The Organ of Corti [i.e., spiral organ] (#27)

Jēdzienu izpratne

Apaļais lodziņš	215. lpp.	Otolīts	215. lpp.
Bungplēvīte	215. lpp.	Ovālais lodziņš	215. lpp.
Centrālā bedrīte	210. lpp.	Ožas šūna	207. lpp.
Cīpslene	209. lpp.	Paplašinājums	215. lpp.
Dzirdes membrāna	215. lpp.	Pusloka kanāls	215. lpp.
Fotoreceptori	208. lpp.	Radzene	209. lpp.
Garšas pumpurs	206. lpp.	Redzes nervs	210. lpp.
Gliemezis	215. lpp.	Rodopsīns	212. lpp.
Gliemeža kanāls	215. lpp.	Sajūtu receptori	205. lpp.
Hemreceptori	206. lpp.	Salikta acs	208. lpp.
Jušanas receptors	205. lpp.	Spirālais orgāns	215. lpp.
Mehanoreceptori	214. lpp.	Tīklene	210. lpp.
Nūjiņas	210. lpp.	Vāļītes	210. lpp.

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- A. _____ – struktūra, kura uztver kairinājumu un ir daļa no jušanas neirona vai arī nodod signālus jušanas neironam.
- B. _____ – acābola iekšējā kārta, kurā ir fotoreceptori – nūjiņas un vāļītes.
- C. _____ – membrāna, kas dzirdes orgānā uztver gaisa svārstības.
- D. _____ – nervs, kas pārvada impulsus no acs tīklenes uz galvas smadzenēm.
- E. _____ – balts, šķiedrains acs apvalks, kas apņem visu aci, izņemot caurspīdīgo radzenes daļu.
- F. _____ – acs fotoreceptors, kas nodrošina krāsu redzi un darbojas spilgtā gaismā.
- G. _____ – receptors, kas uztver ķīmiskos kairinātājus, piemēram, garšas vai ožas receptors.
- H. _____ – receptors, kas ir jutīgs pret mehānisku kairinājumu, piemēram, spiedienu, skaņas viļņiem vai gravitāti.
- I. _____ – īpašs auss gliemeža rajons, kurā atrodas matainās šūnas, kas uztver un atšķir skaņas.
- J. _____ – gliemežveida iekšējās auss struktūra, kurā ir dzirdes receptori.

Balsta sistēma un kustības

13. NODAĻA

Nodaļas saturs

13.1. Skeletu salīdzinājums

- Dzīvniekiem ir viens no trim skeletu veidiem – hidrostatiskais skelets, ārējais skelets vai iekšējais skelets. 222. lpp.
- Visu veidu skeleti balsta ķermeni un veicina kustības. Ārējais skelets un iekšējais skelets pasargā arī iekšējos orgānus. 223. lpp.

13.2. Cilvēka skelets

- Cilvēka iekšējais skelets ir veidots no kaula. Kauls ir izturīgs un dzīvs. 225. lpp.
- Cilvēka skeletam izšķir vairākas daļas: ass skelets, ko veido galvaskauss, ribas, krūšu kauls un mugurkauls, plecu un iegurņa josla un locekļi. 226. lpp.
- Cilvēka skelets ir savienots. Tajā ir dažādi savienojumu veidi. 229. lpp.

13.3. Muskuļu darbība

- Cilvēka muskuļiem ir antagonistiski pāri, kuri darbojas saskaņoti. Tiem ir noteiktas fizioloģiskas īpatnības. 231. lpp.
- Mikroskopisko muskuļu šķiedru kontrakcijas ir atkarīgas no aktīna un miozīna pavedieniem, apgādes ar kalcija joniem un ATP. 233. lpp.



Sienāzīm ir eksoskelets.

Dzīvniekiem ir raksturīgs kustīgums, ko nodrošina sarauties spējīgās šķiedras. Lai nodrošinātu kustības, muskuļiem ir jāpārvar noteikta vides pretestība. Šī vide var būt ķermeņa šķidrums, ciets ārējais vai iekšējais skelets. Kā gan planārijas, hidras, sliekas un citi bezmugurkaulnieki spēj tik labi pārvietoties, ja viņiem vispār nav cieta skeleta? Šīm sugām muskuļi kontrahējas pretēji ķermeņa šķidrums, kas plūst celoma vai gastrovaskulārajā dobumā. Mugurkaulniekiem muskuļi ir piestiprināti pie iekšējā skeleta, kuram ir vēl citas funkcijas. Tas piešķir ķermenim formu, aizsargā iekšējos orgānus, ir kalcija un fosfora sāļu rezerve, kā arī veido asiņu šūnas. Sauszemes mugurkaulniekiem skelets aizsargā orgānus arī no Zemes pievilkšanas spēka.

Parasti runā par balsta un kustību orgānu sistēmu, tādējādi uzsverot muskuļu sistēmas un skeleta sistēmas kopīgo darbību kustību nodrošināšanas laikā. Vardes lēkšana, zivs peldēšana un ērgļa lidošana ir šo orgānu sistēmu kopdarbības rezultāts. Lai nodrošinātu mērķtiecīgas kustības, ir nepieciešama to koordinācija. Vairumam dzīvnieku ir nervu sistēma, kas apkopo no sajūtu receptoriem saņemtos datus un koordinē muskuļu aktivitāti. Līdz ar to dzīvnieks veic dažādas darbības, piemēram, ēd, bēg no ienaidnieka, pārojas vai spēlējas.

13.1. Skeletu salīdzinājums

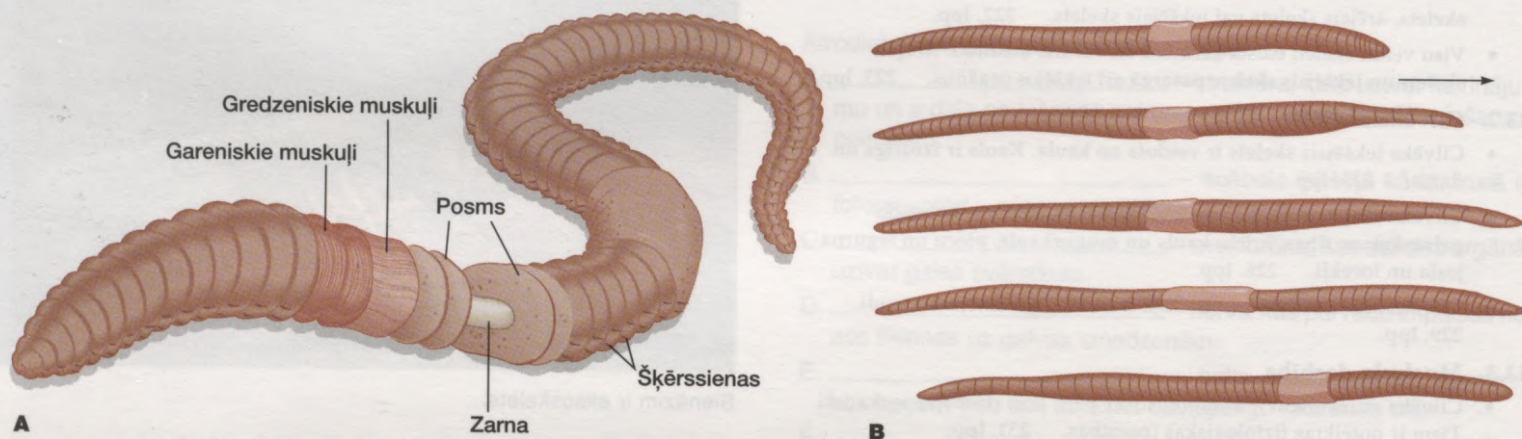
Dzīvniekiem raksturīgi dažādi skeletu veidi. Hidrostatiskais skelets ir zarndobumainiem, plakantārpiem, veltņtārpiem un posmtārpiem. Daļai gliemju ir kalcija karbonāta ārējais skelets, bet posmkājiem – hitīna ārējais skelets. Adatādaiņu un mugurkaulnieku iekšējais skelets ir no kaula.

Ar ūdeni pildīts dobums

Dzīvniekiem, kuriem nav cieta skeleta, gastrovaskulārais dobums vai celoms darbojas kā hidrostatiskais (gr. *hydras* – ūdens un *stasis* – stāvošs) skelets. Tas nodrošina balstu un rada pretestību muskuļu kontrakcijām. Rezultātā rodas kustības. Hidrostatisko skeletu var salīdzināt ar dārza laistāmo šļūteni, kas kļūst stīva, piepildoties ar ūdeni, vai

arī ar ūdeni pildītu balonu, kas maina formu, ja to vienā galā saspiež. Arī dzīvnieki, kuriem ir hidrostatiskais skelets, savu formu maina līdzīgi, realizējot dažādas kustības.

Zarndobumaini (hidras) un plakantārpi (planārijas) kā hidrostatisko skeletu, kas sniedz atbalstu, izmanto gastrovaskulāro dobumu. Kad saraujas hidras muskuļšķiedras, kas atrodas epidermas šūnu pamatnē, ķermenis un tautekļi tūdaļ saīsinās. Planārija parasti slīd pa substrātu, saraujoties tiem muskuļiem, kas regulē ķermeņa sienas un skropstiņas. Nematodēm (veltņtārpi) ir ar šķidrumu pildīts neīstais celoms; pārvietošanās notiek viļņveidīgi, saraujoties gareniskajiem muskuļiem. Posmtārpi (sliēkas) ir posmoti; šķērssienu sadala celomu nodalījumos (13.1. att.). Katrā nodalījumā ir gareniskie un gredzeniskie muskuļi, ko regulē



13.1. attēls. Sliēkas kustības

- A.** Celomu sadala šķērssienu, tāpēc katrs ķermeņa posms ir atsevišķa kustību vienība. Tajā ir gan gredzeniskie, gan gareniskie muskuļi.
B. Kad saraujas gredzeniskie muskuļi, posms izstiepjas. Tārpu uz vietas notur sariņi – adatveida hitīna struktūras, kas atrodas katrā ķermeņa posmā. Kad saraujas gareniskie muskuļi, attiecīgā ķermeņa daļa pārvietojas uz priekšu. Šādas kustības noris visā tārpa garumā.



13.2. attēls. Ārējais skelets

Ārējam skeletam ir vairākas priekšrocības. Tas atbalsta muskuļu kontrakcijas un pasargā no izžūšanas. Posmkāji ārējo skeletu nomet novilkšanās laikā. Kamēr jaunais ārējais skelets nožūst un sacietē, dzīvnieki ir neaizsargāti no plēsējiem un muskuļu kontrakcijas nespēj nodrošināt kustības. Attēlā redzamā cikāde (*Tibicen*) ir tikko pabeigusi novilkšanos.

atsevišķi nervi. Tāpēc katrs nodaļējums var darboties neatkarīgi no citiem nodaļējumiem. Kad saraujas gredzeniskie muskuļi, posms kļūst tievāks un garāks. Kad saraujas gareniskie muskuļi, posms kļūst resnāks un īsāks. Pārmaiņus saraujoties gredzeniskajiem un gareniskajiem muskuļiem, dzīvnieks pārvietojas uz priekšu.

Ārējais un iekšējais skelets

Ārējo skeletu sauc arī par eksoskeletu. Korāļiem un gliemežiem ir kalcija karbonāta ārējais skelets, bet kukaiņiem un vēžiem – hitīna ārējais skelets. Hitīns ir izturīgs un elastīgs slāpekli saturošs polisaharīds. Tas nenodilst un neplīst, kā arī pasargā no ienaidniekiem un izžūšanas. Šīs īpašības sauszemes dzīvniekiem ir ļoti būtiskas. Lai arī šāds nekustīgs skelets dod daudz labāku atbalstu muskuļu kontrakcijām nekā hidrostatiskais skelets, tas tomēr nav tik izturīgs kā iekšējais skelets. Izturību palielina ārējā skeleta sabiezināšanās, bet līdz ar to paliek mazāk vietas iekšējiem orgāniem.

Posmkāju hitīna skelets ir savienots kustīgi un ir piemērots dzīvei uz sauszemes. Posmkāji laiku pa laikam novelkas, lai atbrīvotos no ārējā skeleta, kas ir kļuvis par mazu. Novilkšanās dzīvnieku padara neaizsargātu pret

plēsoņām (13.2. att.). Gliemjiem, piemēram, gliemenēm un gliemežiem, ārējais skelets aug līdz ar dzīvnieku. Biezais un nekustīgais kalcija karbonāta skelets labi aizsargā dzīvnieku. Mugurkaulniekiem ir iekšējais skelets jeb endoskelets, kas sastāv no kauliem un skrimšļiem un aug kopā ar dzīvnieku. Iekšējais skelets nesamazina vietu, kas ir nepieciešama iekšējiem orgāniem. Tas atbalsta dzīvniekus, kuriem ir liela ķermeņa masa. Iekšējo skeletu aizsargā apkārt tam esošie mīkstie audi. To ievainojumi sadzīst vieglāk nekā skeleta lūzumi. Iekšējais skelets aizsargā dzīvībai nozīmīgus iekšējos orgānus (13.3. att.).

Gan posmkājiem (kukaiņiem un vēžiem), gan mugurkaulniekiem ir stingrs un posmots skelets. Šo dzīvnieku skeletiem ir locītavas. Izturīgais un kustīgais skelets palīdzējiem dzīvniekiem iekarot sauszemi.

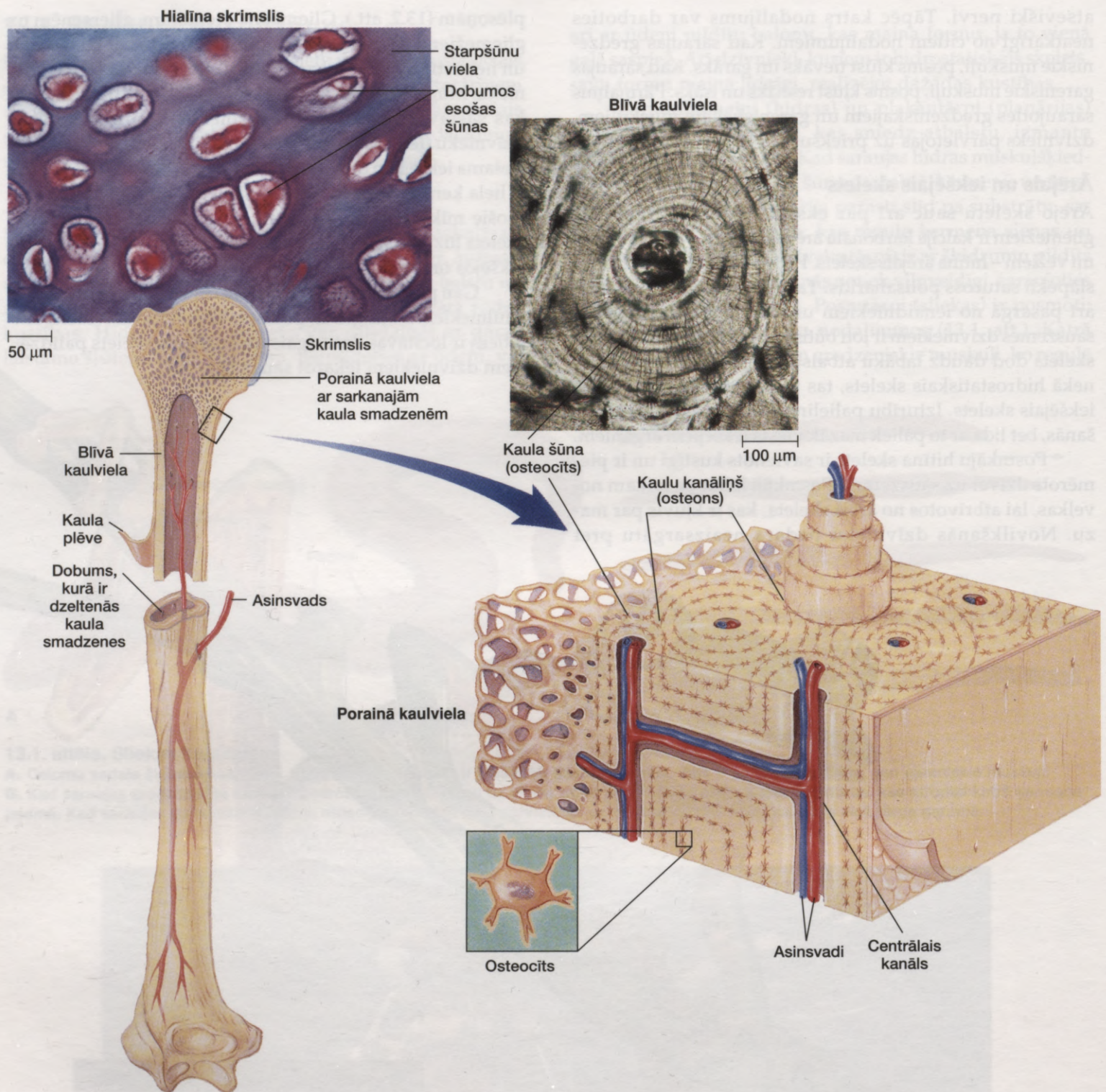


Savienota iekšējā skeleta priekšrocības

- Balsta lielos dzīvniekus.
- Ļauj veikt elastīgas kustības.
- Aizsargā iekšējos orgānus.
- Aug kopā ar dzīvnieku.
- To aizsargā ārējie audi.

13.3. attēls. Mugurkaulnieku iekšējais skelets

Mugurkaulnieku savienotajam iekšējam skeletam ir piecas priekšrocības. Iekšējais skelets ir pielāgots konkrētai apdzīvojamajai videi. Mugurkaulnieki pārvietojas dažādi – lec, lido, peld, skrīen.



13.4. attēls. Garā kaula uzbūve

Garā kaulu ieskauj kaula plēve, bet tā galos atrodas hialīna skrimslis (sk. mikrofotogrāfiju). Kaulā ir porainā kaulviela, kurā atrodas sarkanās kaula smadzenes. Kaula stobrveida daļu (redzama palielinājumā un mikrofotogrāfijā) veido blīvā kaulviela, bet kaula vidū ir dzeltenās kaula smadzenes.

13.2. Cilvēka skelets

Cilvēka skeletu var sadalīt divās daļās – ass skeletā un ekstremitāšu skeletā (13.5. att.).

Cilvēka skelets veic daudzas funkcijas. Lielie, smagie kāju kauli balsta ķermeni pret zemi. Skelets aizsargā vitāli svarīgos iekšējos orgānus. Piemēram, galvaskauss veido aizsargapvalku galvas smadzenēm, bet krūškurvis aizsargā sirdi un plaušas. Plakanie kauli, piemēram, galvaskausa kauli, ribas un krūšu kauls, veido eritrocītus. Visi kauli ir kalcija un fosfora sāļu uzkrāšanas vietas. Kauli ir arī muskuļu piestiprināšanās vietas. Roku un kāju garie kauli ļauj ķermenim kustēties elastīgi.

Skelets ne tikai nodrošina elastīgas kustības, bet arī balsta un aizsargā ķermeni, veido eritrocītus un ir dažu neorganisko sāļu uzkrāšanas vieta.

Kaulu uzbūve

Garajiem kauliem, piemēram, augšdelma kauliem, ir tipiska kaulu uzbūve. Ja kaulu pāršķēļ (13.4. att.), var redzēt, ka tam vidū ir dobums, bet apkārt ir blīvā kaulviela un galos – porainā kaulviela. Aiz porainās kaulvielas ir plāns blīvās kaulvielas slānis un pašos kaula galos – skrimšļa kārtā (elastīgo saistaudu veids).

Blīvā kaulviela sastāv no daudziem osteoniem (Haversa sistēmām). Tajos kaula šūnas, kas atrodas sīkos dobumos jeb lakūnās, ir sakārtotas gredzeniskos riņķos ap centrālajiem kanāliem. Centrālajos kanālos ir asinsvadi un nervi. Lakūnas citu no citas atdala kolagēnas šķiedras, kurās uzkrājas minerāli, piemēram, kalcija un fosfora sāļi. **Porainā kaulviela** satur ļoti daudz kaula stieņu un plātniņu, ko atdala neregulāras telpas. Porainā kaulviela ir nepieciešama kaulu stiprināšanai. Līdzīgi kā savienojumu vietas balsta māju, porainā kaulviela stiprina kaulu. Porainās kaulvielas tukšās telpas aizpilda **sarkanās kaula smadzenes** – īpaši audi, kuros veidojas eritrocīti. Garā kaula dobumā parasti ir **dzeltenās kaula smadzenes** – tauku uzkrājējaudi.

Garais kauls ir izturīgs, tam ir dobums, kas pildīts ar dzeltenajām kaula smadzenēm. Kaulu veido blīvā kaulviela, bet tā galos ir porainā kaulviela un skrimslis.

Kaulu augšana un atjaunošanās

Embrionālās attīstības laikā lielākā daļa cilvēka skeleta sastāv no skrimšļa. Šim skrimšļa struktūrām ir tāda pati forma kā kauliem, kuri veidojas vēlāk. Skrimslis kļūst par kaulu tad, kad tajā uzkrājas kalcija sāļi. Vispirms tie uzkrājas noteiktās skrimšļa šūnās, bet vēlāk kaulu veidojošās šūnās, ko sauc par **osteoblastiem** (gr. *osteon* – kauls un *blastos* – pumpurs). Šo skrimšļa pārveidošanos par kaulu sauc par endohondrālo pārkaulošanos.

Kauls var veidoties arī citādi. Sejas kauli un citi noteikti galvaskausa kauli veidojas, notiekot pārkaulošanās procesam starp saistaudu plāksnēm. Šādu kaulu veidošanos sauc par intramembrāno pārkaulošanos. Garo kaulu endohondrālā pārkaulošanās vispirms notiek kaula vidū esošajā primārajā pārkaulošanās centrā. Vēlāk kaula galos veidojas sekundārie pārkaulošanās centri. Starp primārās pārkaulošanās centru un abiem sekundārās pārkaulošanās centriem saglabājas skrimšļa plātnīte. Kauls var augt garumā tikai skrimšļa plātnītes vietā. Kaula augšanu regulē hormoni – galvenokārt augšanas hormoni un dzimumhormoni. Beidzot plātnīte pārkaulojas un kauls pārstāj augt garumā. Pieaugušajiem kauls nepārtraukti noārdās un veidojas no jauna. Kaulu absorbējošās šūnas, ko sauc par osteoklastiem (gr. *osteon* – kauls un *klastos* – sadrupināts gabalos), noārda kaulus, izdalot kalciju asinīs. Apmēram trīs nedēļu laikā osteoklasti izzūd. Noārdīšanu, ko veic osteoklasti, aizstāj atjaunošana, ko veic osteoblasti. Kaula veidošanai osteoblasti izmanto kalciju no asinīm. Daļa no šīm šūnām paliek to izdalītajā vielā un pārvēršas par osteocītiem (gr. *osteon* – kauls un *kytos* – šūna) – šūnām, kas atrodas osteonu dobumos (lakūnās).

Tādā veidā vecais kauls tiek aizstāts ar jauniem kaulaudiem. Tā kā kaula noārdīšanās un atjaunošanās notiek nepārtraukti, kaula resnums var mainīties. Fiziskā aktivitāte un hormoni ietekmē kaulu resnumu. Pieaugušajiem, lai nodrošinātu osteoblastu darbību, ir nepieciešams uzņemt ar uzturu vairāk kalcija nekā bērniem.

Cilvēka embrionālās attīstības laikā skelets ir no skrimšļa, bet vēlāk tas tiek aizvietots ar kaula skeletu. Pieaugušajiem kaulus visu laiku noārda osteoklasti, bet atjauno osteoblasti, kļūstot par osteocītiem.

Kauli veido skeletu

Cilvēka skeletu var iedalīt divās daļās: ass skelets un ekstremitāšu skelets (13.5. att.).

Ass skelets

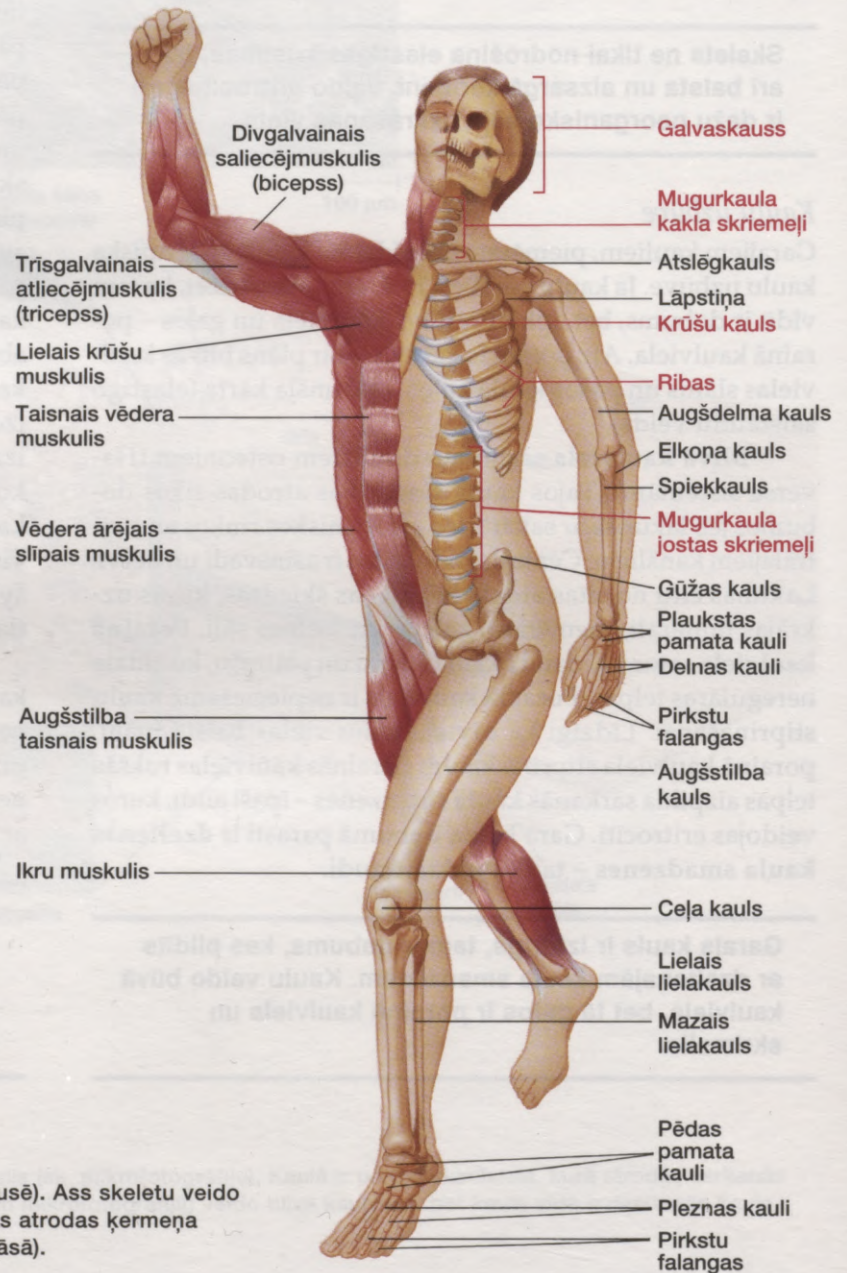
Ass skelets (lat. *axis* – ass, vira un gr. *skeletos* – izžuvīš ķermenis) atrodas ķermeņa viduslīnijā, un to veido galvaskauss, mugurkauls, krūšu kauls un ribas.

Galvaskauss sastāv no paura daļas un sejas daļas kauliem (13.6. att.). Galvaskausa paura daļa aizsargā smadzenes; tā sastāv no astoņiem kauliem, kuri pieaugušam cilvēkam ir cieši savienoti savā starpā. Jaundzimušajiem daži kauli nav pilnībā savienoti, tos saista membrānas. Šādus savienojumus sauc par **avotiņiem**. Tie parasti noslēdzas līdz divu gadu vecumam. Galvaskausa kaulos ir ar gaisu pildīti **dobumi** jeb sīnusi (lat. *sinus* – dobums). Dobumus izklāj gļotaina membrāna. Tie mazina galvaskausa masu un rada balss skaņu rezonansi. Divi dobumi atveras vidusausī. Ja vidusauss iekaisuma laikā šajos dobumos nonāk infekcija, cilvēks saslimst ar mastoidītu, kas var izraisīt nāvi.

Galvaskausa kauliem ir tādi paši nosaukumi kā atbilstošajām lielo pusložu daivām – pieres, paura, deniņu un pakauša kauli. Galvaskausa augšējā daļā (13.6. att. A) pieres kauls veido pieri, divi lieli paura kauli veido galvaskausa virsu, deniņu kauli atrodas sānos, bet pakauša kauls veido galvaskausa pamatni. Galvaskausa pamatnē ir liels pakauša caurums (lat. *foramen*

– caurums un *magnus* – liels, milzīgs), caur kuru muguras smadzenes pāriet galvas smadzeņu stumburā (13.6. att. B). Katram deniņu kaulam ir atvere uz vidusausi. Galvas sānos ir spārnkauli, kuri veido acu dobumu sienu. Sietiņkauls, kas atrodas spārnkaulu priekšā, arī veido acu dobumu sienu. Tas veido arī deguna starpsienas augšējo daļu.

Galvaskausa paura daļā ir astoņi kauli – pieres kauls, divi paura kauli, pakauša kauls, divi deniņu kauli, spārnkauls un sietiņkauls.



Ass skelets

Galvaskauss
Mugurkauls
Krūšu kauls
Ribas

Ekstremitāšu skelets

Plecu josla: atslēgkauls, lāpstiņa
Roka: augšdelma kauls, spieķkauls, elkoņa kauls
Plauksta: plauksta pamata kauli, delnas kauli, pirkstu falangas
Iegurņa josla: gūžas kauli
Kāja: augšstilba kauls, lielais lielakauls, mazais lielakauls, ceļa kauls
Pēda: pēdas pamata kauli, pleznas kauli, pirkstu falangas

13.5. attēls. Cilvēka skeleta un muskuļu sistēma

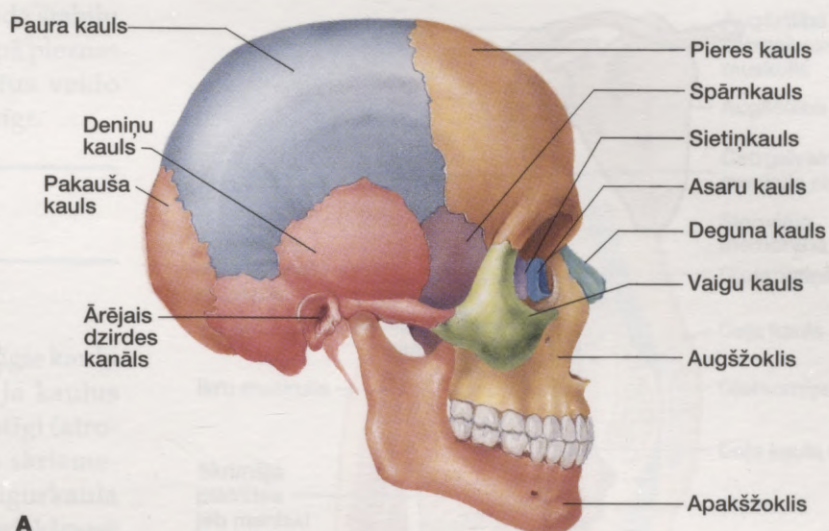
Cilvēka galvenie kauli (labajā pusē) un skeleta muskuļi (kreisajā pusē). Ass skeletu veido galvaskauss, mugurkauls, krūšu kauls un ribas (sarkanā krāsā); tas atrodas ķermeņa viduslīnijā. Pārējie kauli pieder pie ekstremitāšu skeleta (melnā krāsā).

Sejas daļā ir 14 kauli. **Apakšžoklis** (lat. *mandibula* – žoklis) galvaskausā ir vienīgais kustīgais kaulu savienojums (13.6. att. A). Tā darbība ļauj cilvēkam sagremot barību. Zodu ligzdas atrodas gan apakšžoklī, gan **augšžoklī** (lat. *maxilla* – žokļkauls). Augšžoklis veido cieto aukslēju priekšējo daļu, bet cieto aukslēju aizmugurējo daļu un deguna dobuma pamatni veido **aukslēju kauls**. **Vaiga kauli** veido vaigu izciļņus, bet **deguna kauli** – deguna virsējo daļu. Plānais plātņveida **asaru kauls** atrodas starp sietiņkaulu un augšžokli, bet plānais, līdzēnais **lemesis** (lat. *vomer* – lemesis) savienojas ar sietiņkaula perpendikulāro plātnīti, veidojot deguna starpsienu.

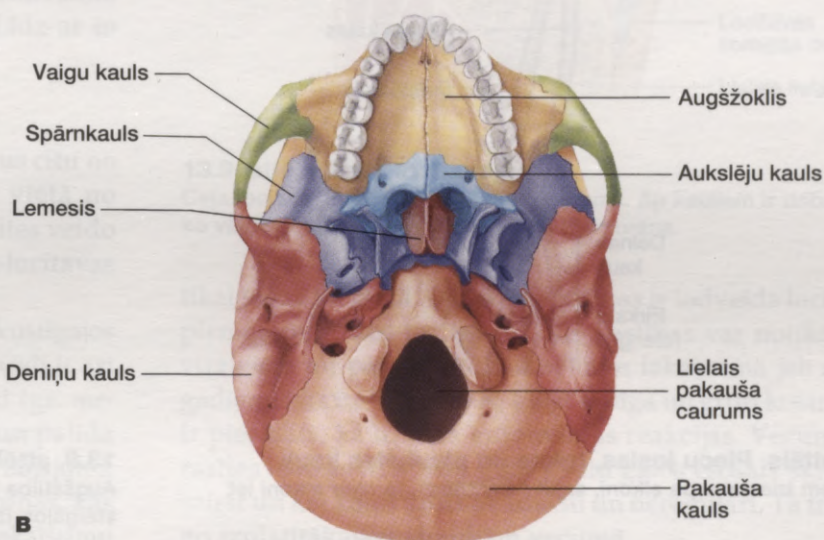
Sejas daļas kauli ir apakšžoklis, no diviem kauliem veidotais augšžoklis, vaigu kauli, divi deguna kauli, kas veido deguna augšējo daļu, un citi kauli.

Mugurkauls veic balsta funkciju. Mugurkauls (lat. *vertebra* – mugurkaula kauls) stiepjas no galvaskausa līdz iegurnim. Parasti mugurkaulam ir četri izliekumi, kas vertikālajai gaitai piešķir lielāku elastību un izturību. Mugurkaula skriemeļus nosauc atkarībā pēc to atrašanās vietas mugurkaulā (13.5. att.). Mugurkaula skriemeļi veido kanālu, kurā atrodas muguras smadzenes. Mugurkaula skriemeļu izaugumi atrodas abpus mugurkaula.

Starp mugurkaula skriemeļiem atrodas starpskriemeļu diski, kas darbojas kā amortizatori. Tie skriemeļus pasargā no rīvēšanās citam gar citu un mazina triecinu, kas rodas skrienot, lecot un pat staigājot. Līdz ar vecumu šie diski kļūst vājāki, var izslidēt no vietas vai pat pārplīst. Ja diski ir bojāti, mugurkauls spiež uz muguras smadzenēm vai uz muguras nerviem, un cilvēks izjūt sāpes. Reizēm tās pāriet, bet dažkārt ir nepieciešama ķirurģiska iejaukšanās un diska izņemšana. Tad skriemeļi šajā vietā saplūst kopā un mugurkauls kļūst mazāk lokans. Pateicoties mugurkaula starpskriemeļu diskiem, cilvēks var noliekties uz priekšu un atpakaļ, kā arī uz sāniem. Mugurkauls tieši vai netieši kalpo par atbalstu



A



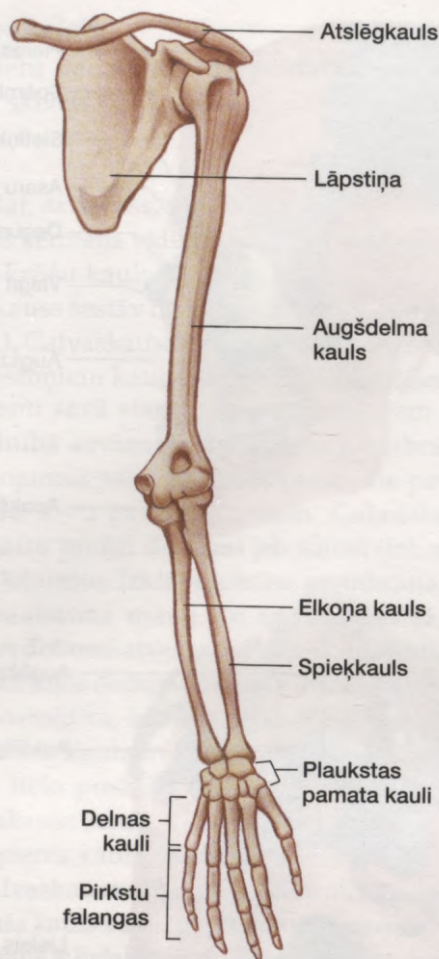
B

13.6. attēls. Cilvēka galvaskaus

A. Sānskats B. Skats no apakšas

citiem skeleta kauliem (13.5. att.). Visi 12 **ribu** pāri mugurpusē ir pievienoti pie mugurkaula krūšu skriemeļiem, un visi ribi pāri priekšpusē vai nu tieši, vai ar skriemeļu palīdzību ir pievienoti pie **krūšu kaula** (gr. *sternon* – krūtis).

Mugurkauls sastāv no muguras skriemeļiem un ir ķermeņa balsts. Starpskriemeļu diski nodrošina mugurkaula lokanību un amortizāciju.



13.7. attēls. Plecu joslas, rokas un plaukstu kauli

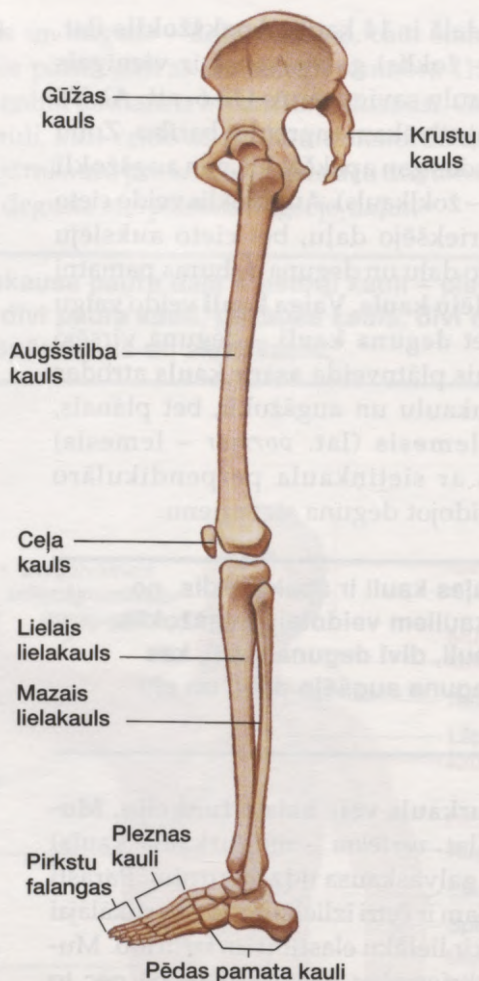
Ja saņem triecienu pa elkoni, sajūt "elektrību", jo caur elkoni iet nervs.

Ekstremitāšu skelets – joslas un locekļi

Ekstremitāšu skelets (lat. *appendix* – piedēklis) sastāv no plecu joslas un iegurņa joslas, pie kurām ir piestiprināti locekļi (sk. 13.5. att.). Plecu josla un augšējais loceklis (roka) ir savienoti īpaši kustīgi, bet iegurņa josla un apakšējais loceklis (kāja) ir izturīgāks savienojums.

Plecu josla un roka

Plecu joslas kauli ir vaļīgi saistīti savā starpā ar saitēm (13.7. att.). Abi **atslēgkauli** priekšpusē ir saistīti ar krūšu kaulu, bet aizmugurē – ar **lāpstiņām**, kas spēj brīvi kustēties un ko vietā notur tikai muskuļi. Augšdelmu veido viens garš kauls – **augšdelma kauls**, kura gludā un apaļā galviņa labi pieguļ lāpstiņas bedrītei. Līdz ar to roka var kustēties visos virzienos un šo locītavu ir viegli izmežģīt. Augšdelma kaula pretējais gals saskaras ar diviem apakšdelma kauliem – **elkoņa kaulu** un **spieķkaulu**. (Elkonī saskatāmais kauls ir elkoņa kaula augšējā daļa.) Kad plauksta ir pavērsta uz priekšu, tad elkoņa kauls un spieķkauls atrodas paralēli. Kad plauksta ir vērsta pret ķermeni, tad spieķkauls atrodas krustniski elkoņa kaula priekšpusē. Tāpēc ir viegli pagriezt apakšdelmu.



13.8. attēls. Iegurņa joslas, kājas un pēdas kauli

Augšstilba kauls ir cilvēka izturīgākais kauls. Tas, cilvēkam staigājot, iztur spiedienu, kas vienlīdzīgs 540 kg uz 2,5 cm.

Plaukstu kustīgumu palielina tās daudzie kauli. Plaukstu pamatnē ir astoņi **plaukstu pamata kauli**, kas atgādina nelielus oļus. No tiem atiet pieci **delnas kauli**, kas piešķir plaukstai formu. Tas delnas kauls, kas iet uz īkšķi, ir pievienots tā, ka ļauj īkšķim izvirzīties un viegli aizsniegt visus citus pirkstus. **Pirkstu falangas** jeb pirkstu kauli ir gari, slaidi un viegli kauli.

Iegurņa josla un kāja

Iegurņa josla (lat. *pelvis* – bļoda) sastāv no diviem smagiem, lieliem **gūžas kauliem** (13.8. att.). Gūžas kauli ir pievienoti pie krustu kaula un kopā ar to veido iegurņa dobumu, kas sievietēm ir platāks nekā vīriešiem. Iegurnis un kājas balsta ķermeni. Lielākais cilvēka kauls ir **augšstilba kauls** jeb ciskas kauls. Apakšstilbā ir divi kauli – **lielais lielakauls** un **mazais lielakauls**. Abi šie kauli apakšējā daļā veido potīti. Lielais lielakauls ir potītes iekšpusē, bet mazais lielakauls – ārpusē. Lai gan ir septiņi pēdas pamata kauli, tomēr tikai viens no tiem kopā ar papēdi un pēdas pamatni balsta ķermeni. Ja cilvēks staigā augstapāžu korpēs, masa tiek novirzīta uz pēdas priekšējo daļu. **Plezmas kauli** piedalās pēdas velves veidošanā. Pēdai ir gareniskā velve, kas iet papēža-īkšķa

virzienā, un šķērsvelve, kas šķērso pēdu. Velves rada stabilu un elastīgu ķermeņa balstu. Ja audi, kas savieno kopā pleznas kaulus, atslābst, veidojas plakanā pēda. Pirkstus veido pirkstu falangas. Šie kauli ir drukni un ļoti izturīgi.

Ekstremitāšu skelets sastāv no joslām un locekļiem.

Kaulu savienojumi

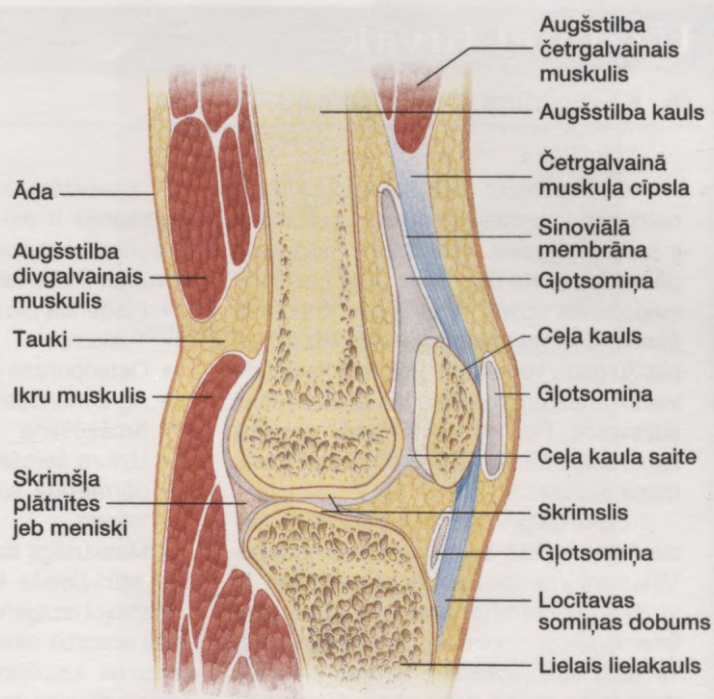
Ir vairāki kaulu savienojumu veidi. Šuves ir nekustīgie kaulu savienojumi (atrodas, piemēram, galvaskausā). Ja kaulus sasaista skrimšļi, šie kaulu savienojumi ir mazkustīgi (atrodas, piemēram, mugurkaulā). Starp mugurkaula skriemeļiem ir arī starpskriemeļu diski, kas palielina mugurkaula lokanību. Abi gūžas kauli ir ļoti mazkustīgi, jo tos priekšpusē savieno skrimslis. Grūtniecības beigu posmā hormonu radīto pārmaiņu dēļ šis savienojums kļūst kustīgāks. Līdz ar to bērna dzimšanas laikā iegurnis spēj izplesties.

Kustīgie kaulu savienojumi – locītavas

Kustīgajos kaulu savienojumos jeb **locītavās** kaulus citu no cita atdala dobumi. Kaulus savieno un notur vietā no šķiedrainajiem saistaudiem veidotās saites. Šīs saites veido **locītavas somiņu**, kuras iekšējā membrāna izdala locītavas jeb sinoviālo šķidrumu, kas mazina berzi.

Locītava ir celis (13.9. att.). Celī, tāpat kā citos kustīgajos kaulu savienojumos, kaulu gali klāti ar skrimslis. Celī ir arī pusmēness formas skrimšļa plātnītes jeb meniski (gr. *meniscus* – pusmēness). Tas dod papildu stabilitāti un palīdz balstīt ķermeņa masu. Sportistiem bieži ir menisku bojājumi. Celī ir arī ar šķidrumu pildīti dobumi jeb gļotsomiņas, kas mazina berzi starp cīpslām un saitēm. Gļotsomiņu iekaisumu sauc par bursītu. Tas var rasties gan celī, gan elkonī, piemēram, tenisistiem.

Locītavas var būt dažādas. Ceļa un elkoņa locītavas ir vienas locītavas, jo, līdzīgi kā durvju eņģes, tās kustas



13.9. attēls. Ceļa locītava

Ceļa locītava ir kustīgs kaulu savienojums. Ap kauliem ir dobums, ko veido somiņa. To izklāj sinoviālā membrāna.

tikai vienā virzienā. Daudz kustīgākas ir lodveida locītavas, piemēram, gūžas locītava. Tajās kustības var notikt visos virzienos un pat apļveidā. Locītavu iekaisuma jeb artrīta gadījumā locītava pietūkst, kļūst sāpīga un grūti kustināma. Ir pierādīts, ka to rada autoimūnas reakcijas. Vecumā var rasties osteoartrīts, kad garo kaulu galos esošais skrimslis sairst un abi kauli kļūst nelīdzeni un neregulāri. Tā ir viena no izplatītākajām slimībām vecumā.

Kauli ir savienoti. Locītavas ir kustīgie kaulu savienojumi, kuri ļauj veikt noteikta veida kustības.

Uzziniet tuvāk

► Kā izvairīties no osteoporozes

Osteoporozes gadījumā kauli ir kļuvuši neizturīgi, jo skeletu veidojošo kaulu masa ir samazinājusies. Visā dzīves laikā kauli pārveidojas. Kamēr bērns aug, kaulaudu veidošanās notiek straujāk par to noārdīšanos. Skeleta masa palielinās līdz 20 vai pat 30 gadu vecumam. Pēc tam kaulaudu veidošanās un noārdīšanās procesi kļūst līdzsvaroti. Pēc 40 vai 50 gadu vecuma kaulu noārdīšanās notiek straujāk un kaulu masa pamazām samazinās.

Laika gaitā vīrieši zaudē līdz 25 %, bet sievietes – līdz 35 % no kaulu masas. Vīriešiem ir blīvāki kauli nekā sievietēm, jo vīrišķā dzimumhormona testosterona līmenis sāk pazemināties tikai pēc 65 gadu vecuma sasniegšanas, turpretī sievišķā dzimumhormona estrogēna daudzums sievietēm sāk samazināties aptuveni 45 gadu vecumā. Tā kā dzimumhormoniem ir liela loma kaulu stipruma uzturēšanā, tad šis hormonālās atšķirības nosaka to, kāpēc sievietes biežāk cieš no iegurnā, garo kaulu un mugurkaula noārdīšanās. Lai gan osteoporozē var rasties arī dažādu slimību dēļ, pamatā tā tomēr ir vecuma slimība.

Ir pasākumi, kurus var veikt jebkurš, lai izvairītos no osteoporozes vecumā. Ir svarīgi visu mūžu lietot tādu uzturu, kurā ir nepieciešamais kalcija daudzums. Pubertātes vecumā ir ieteicams uzņemt 1200 – 1500 mg kalcija katru dienu. Gan sievietēm, gan vīriešiem jāuzņem 1000 mg kalcija katru dienu līdz 65 gadu vecuma sasniegšanai un 1500 mg vecumā pēc 65 gadiem. Tas ir īpaši nepieciešams vecām sievietēm, kuras nesaņem estrogēna aizstājējus līdzekļus. Lai kalcijš organismā tiktu pareizi izmantots, katru dienu jāsaņem noteikta D vitamīna deva. Saules staru iedarbībā ādā veidojas viela, kas ir D vitamīna priekštecis. Ziemeļu puslodē dzīvojošie ziemā nesaņem pietiekami daudz D vitamīna, tāpēc ir jā rūpējas, lai uzturā netrūktu D vitamīna. Jālieto, piemēram, piens ar zemu tauku saturu un graudaugi.

Cilvēki, kuri ir ļoti neaktīvi, piemēram, gultā gulošie, kaulu svaru zaudē 25 reizes straujāk nekā tie, kuri ir aktīvi. Kaulu izturību palīdz saglabāt regulāras pastaigas vai lēns skrējieni.

Sievietēm, kuras pēc menopauzes iestāšanās ir pakļautas kādam no riska faktoriem, ir nepieciešams noteikt kaulu blīvumu. Riska faktori ir šādi.

- Piederība pie baltās vai melnās rases
- Tuklums
- Osteoporozē ģimenes vēsturē
- Agra menopauze (pirms 45 gadiem)
- Smēķēšana
- Uztura lietošana, kurā ir maz kalcija, pārmērīga alkohola vai kofeīna lietošana
- Mazkustīgs dzīvesveids

Mūsdienās kaulu blīvumu nosaka, izmantojot rentgenstaru testu. Tiek pētīts, kā kauli absorbē rentgenstaru lampas radītos protonus. Iespējams, ka drīz tiks izmantoti asiņu vai urīna testi, pēc kuru bioķīmiskā sastāva varēs spriest par to, vai kauli noārdās. Tad ārstiem būs iespējams laikus atklāt osteoporozē pusmūža cilvēkiem.

Ja kauls ir kļuvis neizturīgs, ir nepieciešams palielināt tā blīvumu, jo pat neliela

kaula blīvuma palielināšanās mazina lūzuma risku. Sievietes ir iespējams ārstēt ar estrogēna terapiju. Ir pierādījies, ka estrogēna aizvietošanas terapija palēnina kaulu masas samazināšanās ātrumu sievietei pēc menopauzes iestāšanās. Hormonu terapija ir iedarbīgāka, ja to uzsāk menopauzes sākumā un turpina ilgstoši, tomēr zināms efekts tiek iegūts arī tad, ja to uzsāk vēlāk. Rezultāti ir labāki, ja vienlaikus gan izmanto hormonālo terapiju, gan nodarbojas ar ārstniecisko vingrošanu. Pastāv arī citas ārstēšanas iespējas. Kalcitonīns ir dabisks hormons, kas skeletā kavē osteoklastu (šūnu, kas sagrauj kaulu) darbību. Alendronāts ir zāles, kas darbojas līdzīgi kalcitonīnam. Pēc triju gadu ilgus alendronāta lietošanas mugurkaula blīvums palielinās aptuveni par 8 %, bet gūžu blīvums – par 7 %. Ir arī jauni, daudzsološi ārstniecības līdzekļi, kuru sastāvā ietilpst noteikti augšanas hormoni, kas veicina kaulu atjaunošanos.



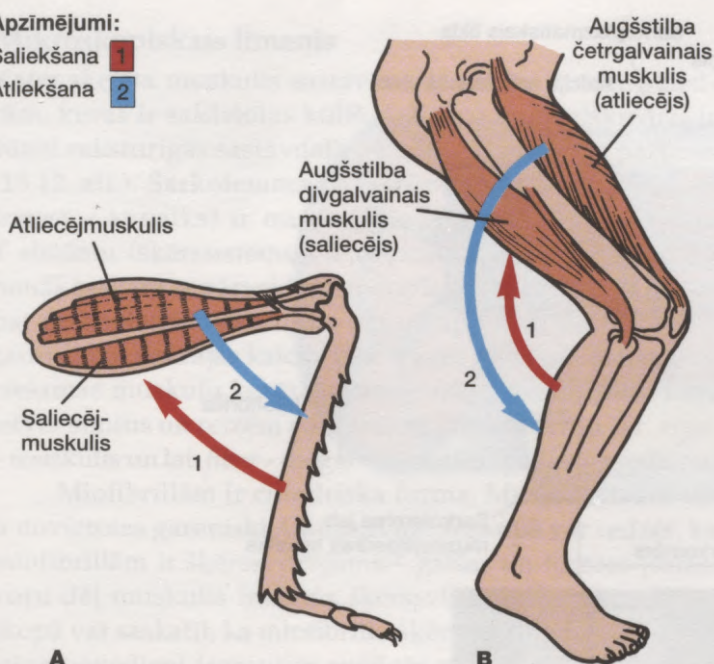
13.A. attēls. Osteoporozes novēršana

Osteoporozē palīdz novērst kalcija un D vitamīna uzņemšana ar uzturu. Slimības novēršanā liela nozīme ir arī dažādiem fiziskiem vingrinājumiem, kā arī dabas faktoru (saules, gaisa, ūdens) izmantošanai ārstniecības nolūkā.

Apzīmējumi:

Saliekšana 1

Atliekšana 2



13.10. attēls. Antagonistiskie muskuļu pāri

Muskuļi var darboties vienīgi saīsinoties. Kustīgās locītavas ir saistītas ar diviem muskuļiem, kas darbojas pretējos virzienos. Bultiņas norāda, kā saliecējmuskuļi samazina locītavas leņķi, bet atliecējmuskuļi šo leņķi palielina. **A.** Kukaiņa kājas muskuļi ir antagonistiskie muskuļi. Tie ir piestiprināti pie ārējā skeleta. **B.** Cilvēka kājas muskuļi arī ir antagonistiskie muskuļi, bet tie ir piestiprināti pie iekšējā skeleta.

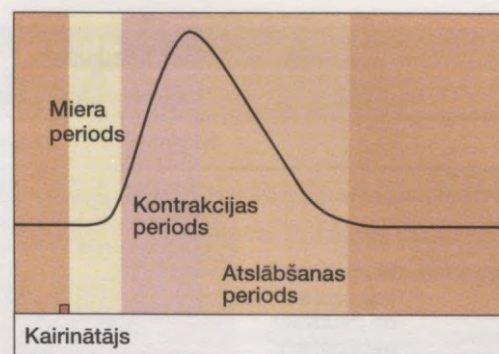
13.3. Muskuļu darbība

Skeleta muskuļu kontrakcijas ir saistītas ar gribu un ļauj dzīvniekam kustēties. Gludo muskuļu kontrakcijas pārvieto barību pa gremošanas traktu. Sirds muskulis ļauj sirdij sūknēt asinis. Daudzu eksperimentu rezultātā noskaidrojās, kā darbojas mugurkaulnieku skeleta muskuļi. Tiek uzskatīts, ka pārējie muskuļi darbojas līdzīgi šiem muskuļiem.

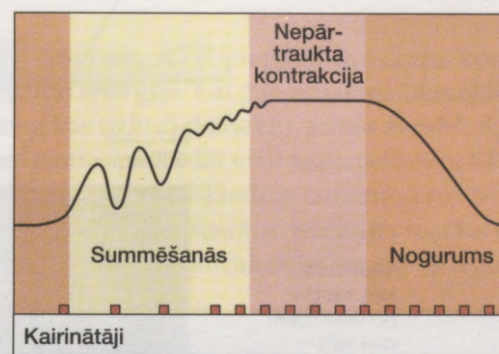
Makroskopiskais līmenis

Skeleta muskuļi veido vairāk nekā 40 % ķermeņa masas. Tie ir piesaistīti pie skeleta ar šķiedraino saistaudu kūlīšiem, kurus sauc par **cīpslām** (lat. *tendo* – elastīgums). Kad muskuļi saraujas jeb kontrahējas, tie saīsinās. Muskuļi var tikai sarauties, bet nevar izstiepties. Līdz ar to ir nepieciešams, lai skeleta muskuļi darbotos antagonistiskos pāros. Ja viens antagonistiskā pāra muskulis locītavu saliec un tuvina locekli ķermenim, tad otrs – locītavu iztaisno un locekli atliec. Posmkāja un cilvēka antagonistisko muskuļu darbības principi ir parādīti 13.10. attēlā. Posmkājiem muskuļi ir piestiprināti pie ārējā skeleta, bet cilvēkam – pie iekšējā skeleta.

Muskuļu darbību var izpētīt laboratorijā. Parasti pētījumiem ņem vārdes augšstilba muskuļus. Šādu muskuļu at-



A



B

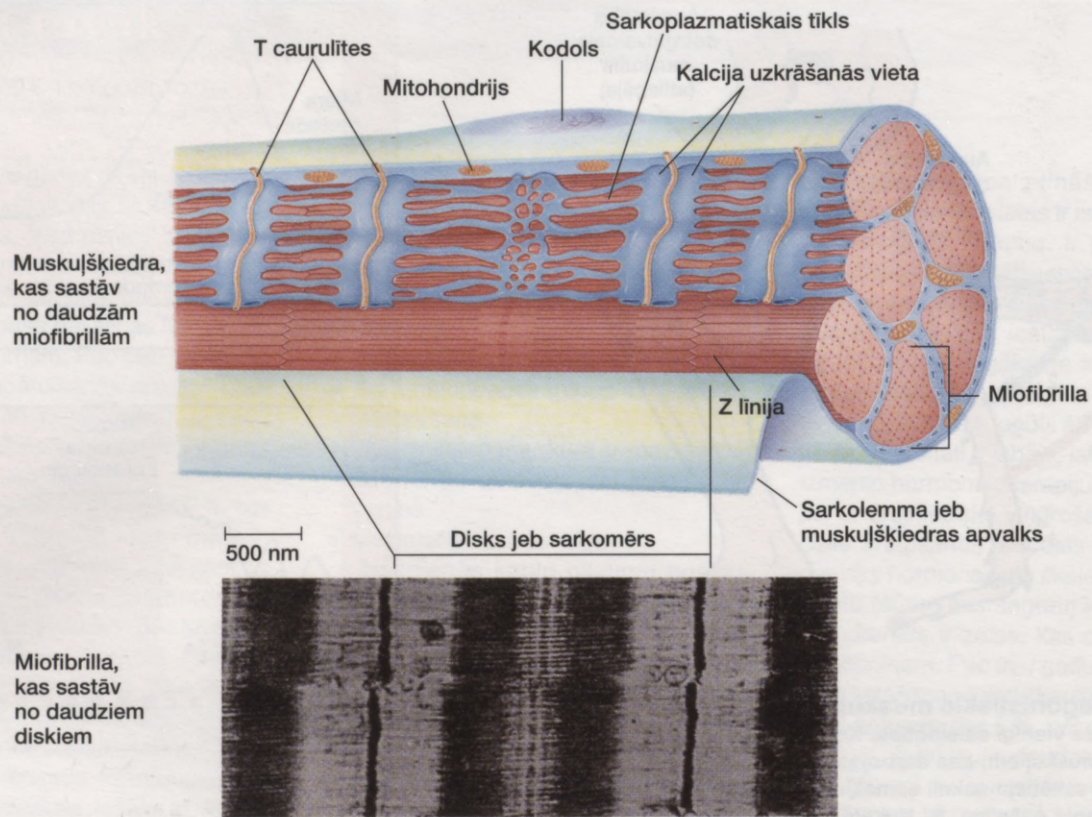
13.11. attēls. Muskuļu kontrakcija

A. Kad muskuļi laboratorijā kairina ar elektrisko strāvu, tas var sarauties. Ja kairinājums ir pārāk vājš, kontrakcija nenotiek, bet, līdzko kairinājums sasniedz noteiktu stiprumu jeb sliekšni, muskulis saraujas un pēc tam atslābst. Ja pieaug kairinājuma stiprums, arī atbildes reakcija kļūst spēcīgāka. Tas notiek tāpēc, ka aizvien vairāk muskuļu šķiedru tiek kairinātas un kontrahējas.

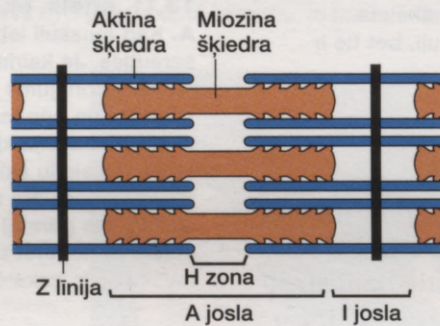
B. Ja kairinājuma stiprums ir nemainīgs un muskuļi kairina aizvien biežāk, tas pārstāj atslābt un iestājas nepārtraukta kontrakcija, līdz muskulis nogurst un atslābst. Noguruma iestāšanās izolētos muskuļos ir izskaidrojama ar ATP izsīkumu.

dala no vārdes, tā vienu galu nostiprina, bet otrs ir kustīgs. Aparāts, ko sauc par fiziogrāfu, muskuļu mehānisko kontrakciju spēku pārvērš par elektrisko strāvu. Līkni, ko iegūst ar aparātu, sauc par miogrammu (13.11. att.). Ja muskulis saņem veselu sliekšņa kairinātāju sēriju, tas var nepagūt pilnībā atslābt, pirms sākas jaunas kontrakcijas. Tā var iestāties nepārtraukta, ilgstoša kontrakcija. Šādas kontrakcijas raksturīgas skeleta muskuļiem, ja tie tiek aktīvi darbināti. Pat tad, ja muskulis atpūšas, tam ir noteikts tonuss, jo dažas šķiedras ir kontrahējušās. Tonusam ir nozīme ķermeņa pozas saglabāšanā. Ja visu muskuļu, arī kakla, rumpja un kāju muskuļu šķiedras atslābtu, ķermenis sabruktu.

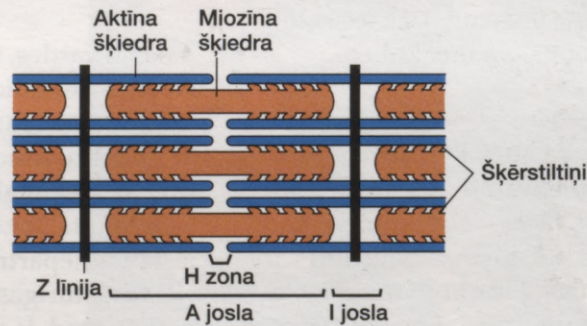
Muskuļi strādā antagonistiskos pāros. Atpūtas laikā muskuļiem ir noteikts tonuss, ko piešķir atsevišķu šķiedru nepārtrauktas kontrakcijas.



Disks, kas ir atslābis



Disks, kas ir kontrahējies



13.12. attēls. Skeleta muskuļšķiedru uzbūve un funkcijas

Muskuļšķiedra sastāv no daudzām miofibrillām, kas ir sadalītas diskos (sarkomēros), kuri spēj sarauties. Disks sastāv no plāniem aktīna pavedieniem un bieziem miozīna pavedieniem. Kad muskuļšķiedra saraujas, plānie pavedieni virzās uz centru un H zona kļūst mazāka, līdz pilnībā izzūd.

Mikroskopiskais līmenis

Katrs skeleta muskulis sastāv no daudzām muskuļšķiedrām, kuras ir sakārtotas kūlīšos. Katrai muskuļšķiedrai ir šūnai raksturīgās sastāvdaļas, kā arī dažas īpašas pazīmes (13.12. att.). **Sarkolemma** (gr. *sarkos* – miesa, ķermenis un *lemma* – apvalks) ir muskuļšķiedras apvalks. Tā veido T sistēmu (šķērssistēmu). T caurulītes iespiežas šūnā un nonāk saskarē ar pārveidotu endoplazmatisko tīklu, ko sauc par sarkoplazmatisko tīklu, bet nesaplūst ar to. Pie šīm T caurulītēm uzkrājas kalcija (Ca^{2+}) jonu rezerves, kas nepieciešamas muskuļu kontrakcijām. Sarkoplazmatiskais tīkls ietver simtus un reizēm pat tūkstošus **miofibrillu** (gr. *myos* – muskulis un lat. *fibra* – diegs) – sarauties spējīgu pavedienu.

Miofibrillām ir cilindriska forma. Muskuļšķiedrā tās ir novietotas gareniski. Gaismas mikroskopā var redzēt, ka miofibrillām ir šķērssvītrojums – gaišas un tumšas joslas, kuru dēļ muskulis izskatās šķērssvītrots. Elektronmikroskopā var saskatīt, ka miofibrillu šķērssvītrojumu rada proteīna pavedieni (sarauties spējīgās vienības), ko sauc par **diskiem** jeb sarkomēriem (gr. *sarkos* – miesa, ķermenis un *meros* – daļa). Disks atrodas starp divām tumšām līnijām, ko sauc par Z līnijām. Ir divu veidu proteīna pavedieni. Plānie pavedieni sastāv no miozīna, bet biezie – no aktīna. I josla ir gaišā krāsā, jo tā satur tikai aktīna šķiedras, kas ir piestiprinātas pie Z līnijas. A joslas tumšajā daļā ir pārklājušies aktīna un miozīna pavedieni, bet H zonā ir tikai miozīna pavedieni.

Pavedienu slīdēšana

Kad muskuļšķiedra saraujas, diski tās iekšienē saīsinās. Disku saīsināšanās laikā plānie aktīna pavedieni slīd pāri biežākiem miozīna pavedieniem un tuvojas cits citam. Tas rada I joslas saīsināšanos un gandrīz pilnīgu H zonas izzušanu. Aktīna pavedienu slīdēšanu attiecībā pret miozīna pavedieniem sauc par muskuļu kontrakcijas **pavedienu slīdēšanas teoriju**. Slīdēšanas laikā diski saīsinās, lai gan pašu pavedienu garums nemainās.

Muskuļu kontrakcijā iesaistīto sastāvdaļu funkcijas ir aplūkotas 13.1. tabulā. ATP nodrošina muskuļu kontrakcijām nepieciešamo enerģiju. Lai gan aktīna pavedieni slīd pāri miozīna pavedieniem, tomēr tieši miozīna pavedieni ir tie, kas veic darbu. Miozīna pavedieni noārda ATP un veido šķērstiltiņus, kuri piestiprinās pie aktīna pavedieniem un velk tos uz diska centru.

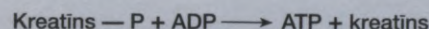
Pavedienu slīdēšanas teorija apgalvo, ka aktīna pavedieni slīd pāri miozīna pavedieniem tāpēc, ka miozīns veido šķērstiltiņus, kuri aktīna pavedienus velk uz iekšu.

13.1. tabula

Muskuļu kontrakcija

Nosaukums	Funkcija
Aktīna pavediens	Slīd pāri miozīna pavedienam, radot kontrakciju
Ca^{2+}	Nepieciešams, lai miozīns varētu saistīt aktīnu
Miozīna pavediens	Ar šķērstiltiņu palīdzību virza aktīna pavedienus; tas ir enzīms, kas sašķeļ ATP
ATP	Piegādā muskuļa kontrakcijai nepieciešamo enerģiju

ATP nozīme. ATP piegādā muskuļu kontrakcijām nepieciešamo enerģiju. Lai gan muskuļšūnas satur mioglobīnu (vielu, kas uzkrāj skābekli), tomēr aerobā elpošana nespēj nekavējoties piegādāt visu nepieciešamo ATP daudzumu. Pa to laiku muskuļšķiedras izmanto kreatīna fosfātu – lielu enerģiju saturošu fosfātu. Kreatīna fosfāts tiešā veidā nepiedalās muskuļu kontrakcijās, bet no tā iegūst ATP.



Šī reakcija notiek slīdošā pavediena vidū. Šādā veidā iegūtais ATP muskuļiem ir visātrāk pieejamais enerģijas veids.

Kad viss kreatīna fosfāts ir iztērēts, otrs veids, kādā muskulis var tikt apgādāts ar ATP bez skābekļa patēriņa, ir fermentācija (anaerobos apstākļos). Tā var apgādāt muskuli ar ATP tikai pašā fiziskā darba sākumā, jo drīz vien uzkrājas pienskābe.

Šo uzkrāšanos var pamanīt, kad muskuļi fiziskās slodzes dēļ sāp un nogurst. Katrs zina, ka pēc spraiga vingrinājuma ir nepieciešams vēl kādu laiku dziļi elpot. Šo ilgstošo padziļināto elpošanu rada **skābekļa parāds**. Skābeklis ir nepieciešams, lai pabeigtu pienskābes vielmaiņu un atjaunotu normālu enerģētisko stāvokli šūnās. Pienskābe tiek aizvadīta uz aknām, kur 20 % no tās tiek pilnībā noārdīti līdz oglekļa dioksīdam (CO_2) un ūdenim (H_2O). Elpojot iegūtā ATP tiek izmantota, lai 80 % no pienskābes pārvērstu par glikozi. Cilvēkiem, kuri trenējas, palielinās mitohondriju daudzums. Līdz ar to ir lielākas izredzes iegūt vairāk ATP, mazāk veidojas pienskābe un mazāks ir skābekļa parāds.

Lai muskulis varētu darboties, tam ir nepieciešams saņemt ATP. Kreatīna fosfāta anaerobā noārdīšana un fermentācija ātri rada ATP. Spraigu fizisko vingrinājumu veikšanai ir nepieciešama aerobā elpošana.

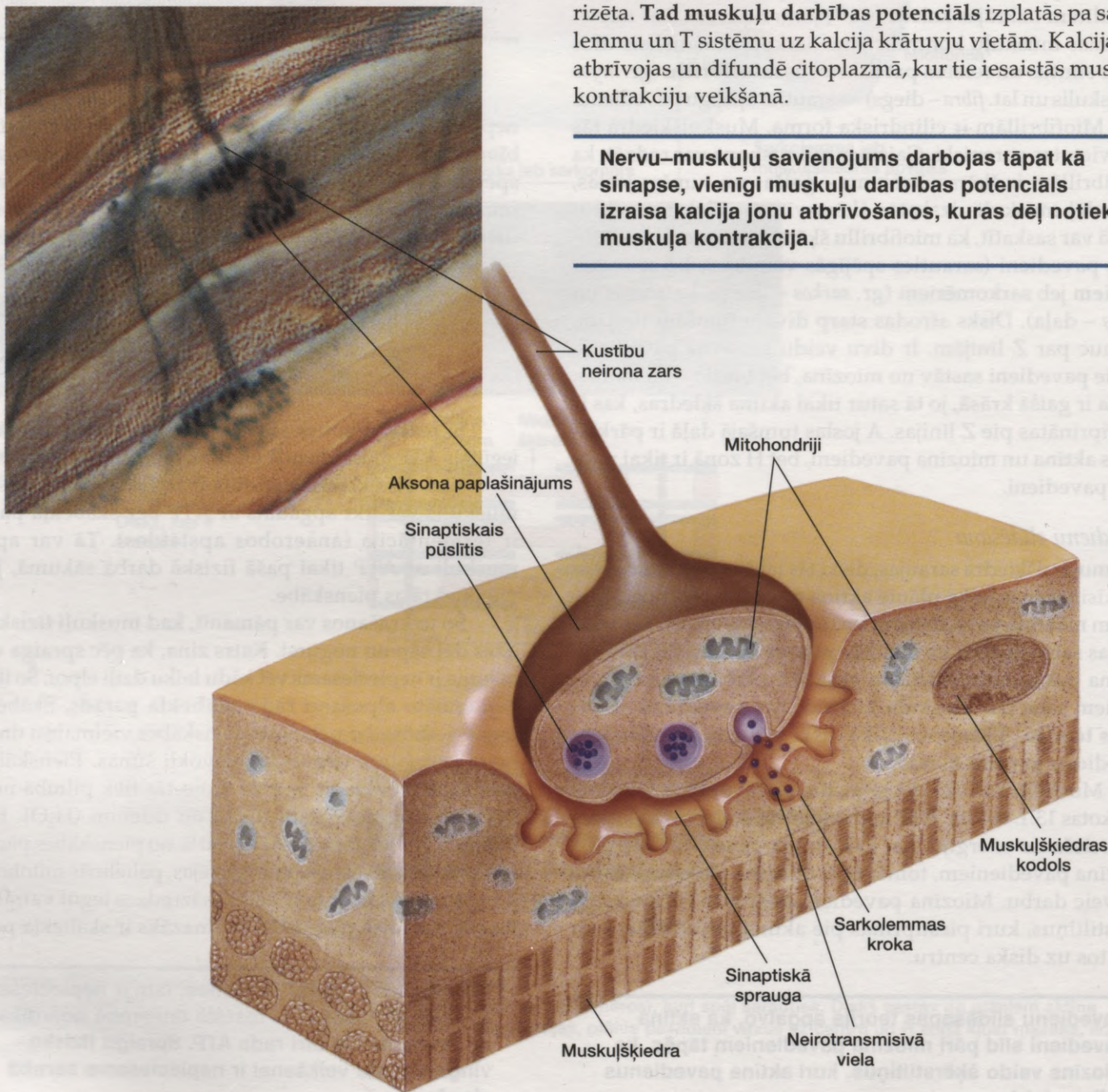
Nervu–muskuļu savienojums

Nervi inervē muskuļus, t. i., nervu impulsi rada muskuļu kontrakcijas. Kustību neirona aksons zarojas un nonāk līdz vairākām muskuļšķiedrām. Katrs zars beidzas ar vairākiem aksona paplašinājumiem, kuros ir sinaptiskie pūslīši, kas satur neurotransmisīvo vielu acetilholīnu.

Aksona paplašinājuma saskares vietu ar muskuļšķiedras sarkolemmu sauc par **nervu–muskuļu savienojumu**. Šis

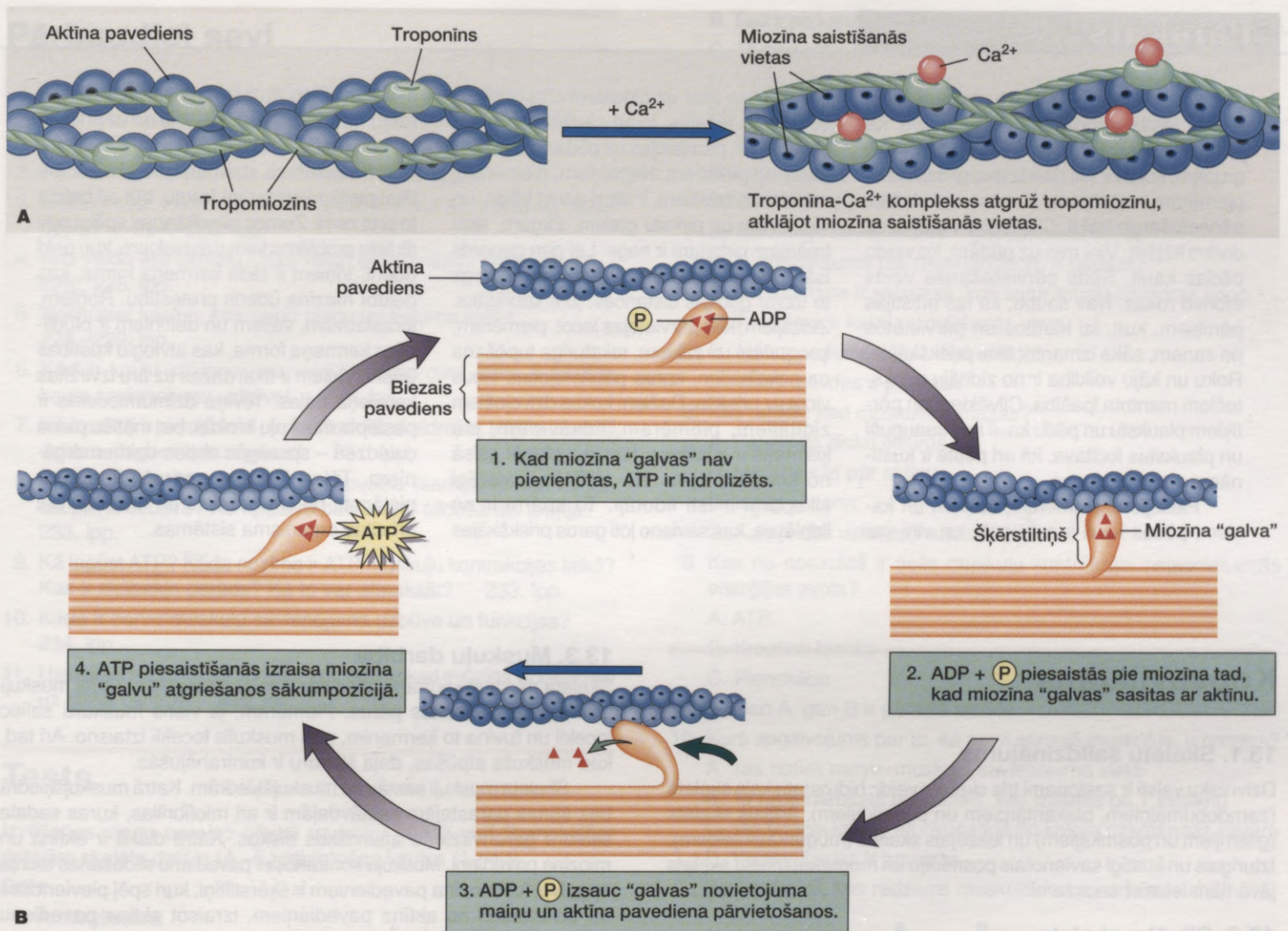
savienojums (13.13. att.) sastāv no tādām pašām daļām kā sinapse: presinaptiskās membrānas, sinaptiskās spraugas un postsinaptiskās membrānas; vienīgi šajā gadījumā postsinaptiskā membrāna ir daļa no muskuļšķiedras sarkolemmas. Nervu impulss pārvietojas pa aksonu un tā zariem, līdz sasniedz aksona paplašinājumus. Tad sinaptiskie pūslīši saplūst ar presinaptisko membrānu un sinaptiskajā spraugā izdalās acetilholīns. Difūzijas ceļā tas nonāk pie sarkolemmas un piesaistās tās receptoru vietās. Sarkolemma ir depolarizēta. **Tad muskuļu darbības potenciāls izplatās pa sarkolemmu un T sistēmu uz kalcija krātuvju vietām.** Kalcija joni atbrīvojas un difundē citoplazmā, kur tie iesaistās muskuļu kontrakciju veikšanā.

Nervu–muskuļu savienojums darbojas tāpat kā sinapse, vienīgi muskuļu darbības potenciāls izraisa kalcija jonu atbrīvošanos, kuras dēļ notiek muskuļa kontrakcija.



13.13. attēls. Nervu–muskuļu savienojums

Sinaptiskā sprauga atdala aksona paplašinājumu no muskuļšķiedras sarkolemmas. Nervu impulsi, kas pārvietojas pa kustību neironu, liek sinaptiskajiem pūslīšiem atbrīvot neurotransmisīvo vielu, kas difundē caur sinaptisko spraugu. Kad muskuļšķiedras sarkolemma uztver neurotransmisīvo vielu, muskuļu darbības potenciāls izraisa muskuļa kontrakciju.



13.14. attēls. Kalcija un miozīna loma muskuļa kontrakcijā

A. Pēc atbrīvošanās kalciji savienojas ar tropīnu, mainot miozīna saistīšanās vietu. **B.** Pēc ATP noārdīšanas (1) miozīna "galvas" saistās ar aktīna pavedienu (2) un spēcīgs grūdiens liek aktīna pavedienam pārvietoties (3). Kad vēl viena ATP molekula piesaistās miozīnam, "galvas" atdalās no aktīna (4) un cikls sākas no jauna. Attēlā ir parādīta tikai viena miozīna "galva", bet patiesībā daudzas "galvas" ir aktīvas vienlaikus.

Kontrakcija

Ar aktīna pavedienu dubulttrindu ir saistīti vēl divi citi proteīni. Tie ir parādīti 13.14. attēlā. **Tropomiozīns** vijas kopā ar aktīna pavedienu, bet **troponīns** ir izvietots uz aktīna pavediena ik pēc noteikta intervāla. Kalcija joni, kas ir atbrīvoti no to uzkrāšanās vietām, savienojas ar troponīnu. Pēc šīs saistīšanās tropomiozīna pavediens maina savu novietojumu un miozīna saistīšanās vietas atbrīvojas.

Biezais pavediens ir miozīna molekulu sakopojums. Miozīna molekulām ir divkārša lodveida "galva" ar ATP piesaistīšanas vietu. "Galvas" kalpo kā enzīmi, kas ATP molekulu sašķeļ par ADP un P. Šī reakcija aktivē "galvas", un tās spēj saistīties ar aktīnu. ADP un P saglabājas uz miozīna "galvām", veidojot šķerstiltiņus tik ilgi, kamēr tās piestiprinās aktīnam. Pēc tam ADP un P atbrīvojas un šķerstiltiņi

maina savu stāvokli. Plānais pavediens tiek spēcīgi virzīts uz diska vidu. Kad citas ATP molekulas pievienojas miozīna "galvai", tad, "galvai" atdaloties no aktīna, šķerstiltiņi tiek noārdīti. Cikls sākas no jauna. Katru reizi, ciklam atkārtoties, aktīna pavedieni aizvien vairāk tuvojas diska centram.

Kontrakcija turpinās, līdz nervu impulsi izbeidzas un kalcija joni atgriežas to uzkrāšanās vietās. Sarkoplazmatiskā tīkla membrānās ir aktīvi transporta proteīni, kas kalcija jonus pārsūknē atpakaļ uz to uzkrāšanās vietām.

Miozīna pavedienu "galvas" noārda ATP un tad pievienojas pie aktīna pavediena, veidojot šķerstiltiņus, kuri virza aktīna pavedienu uz diska centru.

Pārskats

Teiciens, ka uzbūve atbilst funkcijām, kļūst daudz labāk saprotams, kad aplūko, kā pārvietojas dažādi dzīvnieki. Tām dzīvnieku grupām, kurās ir ļoti daudzveidīgi dzīvnieki, piemēram, zīdītājiem, ir raksturīgi dažādi pārvietošanās veidi. Cilvēki pārvietojas uz divām kājām. Viņi min uz pēdām, ko veido pēdas kauli. Šāds pārvietošanās veids atbrīvo rokas. Nav šaubu, ka tas attīstījās pērtiņiem, kuri, lai karātos un pārvietotos pa zariem, sāka izmantot tikai priekškājas. Roku un kāju veiklība ir no zīdītāju priekštečiem mantota īpašība. Cilvēkiem un pērtiņiem plaukstu un pēdu kauli nav saauguši un plauksta locītava, kā arī potīte ir kustināma visos virzienos.

Plēsējiem, piemēram, suņiem un kaķiem, pēdas kauli ir saauguši, un viņi var

pārvietoties tikai uz pirkstiem. Tas ir pielāgojums skriešanai, jo arī cilvēks, lai varētu skriet ātrāk, pārvietojas uz pēdas priekšējās daļas un pirkstiem. Nagaiņiem, piemēram, zirgiem un briežiem, ir stipri garas kājas, un viņi skrien uz pirkstu galiem. Zīrgam tikai trešajam pirkstam ir nags. Lai gan gepards īsās distancēs ir ātrāks par zirgu, tomēr zirgs to uzvar garajās distancēs, jo ir izturīgāks. Zīdītājiem, kuri pārvietojas lecot, piemēram, ķenguriem un zaķiem, raksturīga tupēšana uz pakakājām, kuras pārvietojoties viņus virza uz priekšu. Dažiem kokos dzīvojošiem zīdītājiem, piemēram, lidvāverēm, pie ķermeņa ir lidplēves, kas ļauj planēt gaisā no koka uz koku. No zīdītājiem vienīgi sikspārņi ir īsti lidotāji. To spārni ir no lidplēves, kas savieno ļoti garos priekškājas

pirkstus. Gan putniem, gan sikspārņiem lidojumā spārni kustas uz leju un uz priekšu un pēc tam uz aizmuguri un uz augšu.

Sauszemes dzīvniekiem skelets ne tikai piešķir ķermenim formu, bet arī balsta to pret zemi. Zemes pievilksanas spēks nav tik liela problēma tiem dzīvniekiem, kuri peld ūdenī. Viņiem ir tāda ķermeņa forma, kas peldot mazina ūdens pretestību. Roņiem, jūraslauvām, vaļiem un delfīniem ir plūdlīnijas ķermeņa forma, kas atvieglo kustības ūdenī. Vaļiem ir tikai dažas uz āru izvirzītas ķermeņa daļas. Tēviņu dzimumloceklis ir paslēpts muskuļu krokās, bet mātīšu piena dziedzeri – spraugās abpus dzimumorgāniem. Tāpat kustību nodrošināšanai ir pielāgots ne tikai skelets un muskuļi, bet arī citas organisma sistēmas.

Kopsavilkums

13.1. Skeletu salīdzinājums

Dzīvnieku valstī ir sastopami trīs skeletu veidi: hidrostatiskais skelets (zarndobumainiem, plakantārpiem un posmkājiem), ārējais skelets (gliemjiem un posmkājiem) un iekšējais skelets (mugurkaulniekiem). Izturīgais un kustīgi savienotais posmkāju un mugurkaulnieku skelets ļāva tiem iekarot sauszemi.

13.2. Cilvēka skelets

Cilvēka skelets nodrošina ķermenim balstu, palīdz pasargāt iekšējos orgānus, veido muskuļu piestiprināšanās vietas, uzkrāj kalcija un fosfora sāļus tajā; veidojas asins šūnas.

Garā kaula vidusdaļa sastāv no blīvās kaulvielas, bet tā galos ir porainā kaulviela. Kaula dobumā ir dzeltenās kaula smadzenes, bet galos – sarkanās kaula smadzenes. Dīglim kauli ir no skrimšļa, bet attīstības gaitā tie pārkaulojas. Garo kaulu galu vidū atrodas skrimšļa plātnītes. Augšana ir iespējama tik ilgi, kamēr ir šī skrimšļa plātnīte, jo arī tā ar laiku pārkaulojas. Kauls nepārtraukti tiek atjaunots. Osteoklasti kaulu noārda, bet osteoblasti to veido no jauna. Kaula šūnas (osteocīti) atrodas kaula kanāliņos (osteonos).

Cilvēka skeletam ir divas daļas: ass skelets, kas sastāv no galvaskausa, ribām, krūšu kaula un mugurkaula, un ekstremitāšu skelets, kas sastāv no joslām un locekļiem. Kaula savienojumi ir nekustīgi, piemēram, galvaskausā; mazkustīgi, piemēram, mugurkaulā, un kustīgi, piemēram, ceļa un gūžas locītava. Locītavās kaulus kopā satur saites, kas veido locītavas somiņu, kurā ir locītavas jeb sinoviālais šķidrums.

13.3. Muskuļu darbība

Skeleta muskuļi kontrahējoties var vienīgi saīsināties. Tādēļ muskuļi veido antagonistiskus pārus. Piemēram, ja viens muskulis saliec locekli un tuvina to ķermenim, otrs muskulis locekli iztaisno. Arī tad, kad muskulis atpūšas, daļa šķiedru ir kontrahējušās.

Skeleta muskuļi sastāv no muskuļšķiedrām. Katrā muskuļšķiedrā bez šūnas parastajām sastāvdaļām ir arī miofibrillas, kuras sadala šķiedru garenvirzienā atsevišķos diskos. Katrā diskā ir aktīna un miozīna pavedieni. Muskuļu kontrakcijas pavedienu slīdēšanas teorija apgalvo, ka miozīna pavedieniem ir šķērstiltni, kuri spēj pievienoties un atvienoties no aktīna pavedieniem, izraisot aktīna pavedienu slīdēšanu un diska saīsināšanos. (Kad aktīna pavedieni cits citam pietuvojas, H zona izzūd.) Miozīns ir enzīms, kas sašķeļ ATP, kura nepieciešama muskuļu kontrakcijām. Anaerobā kreatīna fosfāta noārdīšana un fermentācija ātri piegādā ATP. Ilgstošu fizisku vingrinājumu laikā ATP piegādei ir nepieciešami aerobi apstākļi.

Nervi inervē muskuļus. Nervu impulss, kas pa kustību neironu nonāk nervu muskuļu savienojumā, atbrīvo tur esošo acetilholīnu. Tas piesaistās pie muskuļšķiedras apvalka (sarkolemmas) receptoriem. T caurulītēs rodas muskuļu darbības potenciāls, kas nonāk muskuļšķiedru endoplazmatiskajā tīklā kalcija uzkrāšanās vietās. Tad kalcija joni atbrīvojas un piesaistās tropinam. Tropīna-Ca²⁺ komplekss izraisa ap aktīna pavedieniem apvīto tropomiozīna pavedienu stāvokļa maiņu, atsedzot miozīna piesaistīšanās vietas. Miozīna pavedienu veido daudzas miozīna molekulas. Katrai no tām ir "galva" ar ATP piesaistīšanās vietu. Kad miozīna "galvas" noārda ATP, tās ir gatavas piesaistīties aktīnam. ADP + P atbrīvošanās rada "galvas" novietojuma maiņu. Tas ir spēks, kas izraisa aktīna pavedienu slīdēšanu diska centra virzienā. Kad cita ATP molekula saistās ar miozīnu, "galvas" atvienojas no aktīna un cikls sākas no jauna.

Pārbaudiet sevi

- Kādi trīs skeletu veidi ir dzīvniekiem? Ar ko tie atšķiras cits no cita? Nosauciet dzīvniekus ar atšķirīgiem skeleta veidiem! 222.–223. lpp.
- Kādās ir cilvēka skeleta funkcijas? 225. lpp.
- Izskaidrojiet, kāda ir garā kaula uzbūve! Kā kauli aug un atjaunojas? 224.–225. lpp.
- Kas veido ass skeletu? Kas veido ekstremitāšu skeletu? 226., 228. lpp.
- Nosauciet kaulus, kas veido plecu un iegurņa joslu! 228.–229. lpp.
- Kādi ir kaulu savienojumu veidi? Izskaidrojiet, kāda ir kustīgo kaulu savienojumu uzbūve! 229. lpp.
- Kā muskuļi ir piestiprināti pie kauliem? Izskaidrojiet, kāpēc muskuļi veido antagonistiskus pārus! 231. lpp.
- Kāda ir muskuļšķiedras un tās apvalka (sarkolemmas) mikroskopiskā uzbūve? Ko apgalvo pavedienu slīdēšanas teorija? 233. lpp.
- Kā iegūst ATP? Kāda nozīme ir ATP muskuļu kontrakcijas laikā? Kas ir skābekļa parāds? Kā to var atmaksāt? 233. lpp.
- Kāda ir nervu-muskuļu savienojuma uzbūve un funkcijas? 234. lpp.
- Uzskaitiet secīgi visas norises, kas notiek, kad miozīns virza aktīnu uz diska centru! 235. lpp.

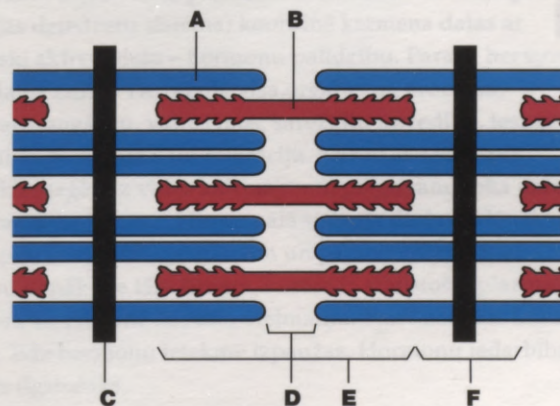
Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu! Sameklējiet dotajām skeleta daļām (A.–F.) atbilstošos kaulus (1.–4.)!

Dots

- Augšdelms
 - Apakšdelms
 - Plecu josla
 - Iegurņa josla
 - Augšstilbs
 - Apakšstilbs
- Elkoņa kauls
 - Lielais lielakauls
 - Atslēgkauls
 - Augšstilba kauls
 - Kurš apgalvojums par poraino kaulvielu ir pareizs?
 - Tā satur kaula kanāliņus

- Tajā ir sarkanās kaula smadzenes, kurās veidojas asins šūnas
 - Tā nepiešķir kaulam izturību
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kurš pāris **nav** pareizs?
 - Mazkustīgs savienojums – mugurkauls
 - Eņģei līdzīgs savienojums – gūža
 - Locītava – elkonis
 - Nekustīgs savienojums – galvaskausa šuves
 - Kurš apgalvojums par muskuļšķiedru ir pareizs?
 - Sarkolemma ir saistaudi, kas satur muskuļšķiedras kopā
 - T sistēma ir kalcija uzkrāšanās vieta
 - Abiem pavedieniem ir šķērstiltiņi
 - Visas atbildes ir pareizas
 - Kas notiek, kad muskulis saraujas?
 - Palielinās disku lielums
 - Miozīns slīd pār aktīnu
 - Izzūd H zona
 - Kalcijs tiek uzkrāts T sistēmā
 - Kas no nosauktā ir tiešs muskuļu kontrakcijai nepieciešamās enerģijas avots?
 - ATP
 - Kreatīna fosfāts
 - Pienskābe
 - Gan A, gan B ir pareizā atbilde
 - Kurš apgalvojums par to, kā nervi stimulē muskuļus, ir pareizs?
 - Tas notiek nervu–muskuļu savienojuma vietā
 - To rada darbības potenciāls, kas izplatās pa T sistēmu
 - Tas izraisa kalcija atbrīvošanos no kalcija uzkrāšanās vietām
 - Visas atbildes ir pareizas
 - Paskaidrojiet, kas redzams muskuļšķiedras uzbūves shēmā!



Papildjautājumi

1. *Kaula skelets nosaka dzīvnieka formu.*
Kādā veidā skelets ir pielāgots dzīvesvidei?
2. *Kustības ir viena no dzīvnieku pamatpazīmēm.*
Kāpēc dzīvniekiem kustības ir vairāk raksturīgas nekā augiem?
3. *Kustībām ir nepieciešama enerģija.*
Kā dzīvnieki iegūst kustībām nepieciešamo enerģiju? Kā šo enerģiju izmanto kustību realizēšanai?

Multimediju izmantošana

Tēmu par balsta un kustību sistēmu palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

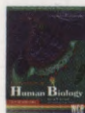
Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. The Dynamic Human

Muscular System
Skeletal System



CD-ROM disks. Explorations in Human Biology

Muscle Contraction (#4)
Synaptic Transmission (#9)



Dabaszinātņu videofilmas

Video #3: Animal Biology I
Sliding Filament Model of Muscle Contraction (#30)
Regulation of Muscle Contraction (#31)

Jēdzienu izpratne

Aktīns 233. lpp.	Muskuļu darbības potenciāls 234. lpp.
Apakšzoklis 227. lpp.	Nepārtraukta muskuļu kontrakcija 231. lpp.
Ass skelets 226. lpp.	Nervu–muskuļu savienojums 234. lpp.
Atslēgkauls 228. lpp.	Osteoblasts 225. lpp.
Augšdelma kauls 229. lpp.	Osteocīts jeb kaula šūna 225. lpp.
Augšzoklis 227. lpp.	Osteoklasts 225. lpp.
Avotiņš 226. lpp.	Pavedienu slīdēšanas teorija 233. lpp.
Blīvā kaulviela 225. lpp.	Pirkstu falangas 228. lpp.
Cīpsla 231. lpp.	Plaukstu pamata kauli 228. lpp.
Disks jeb sarkomērs 233. lpp.	Plecu josla 228. lpp.
Dobums jeb sinuss 225. lpp.	Porainā kaulviela 225. lpp.
Ekstremitāšu skelets 228. lpp.	Ribas 227. lpp.
Elkoņa kauls 228. lpp.	Saite 229. lpp.
Gļotsomiņa 229. lpp.	Sarkanās kaula smadzenes 225. lpp.
Iegurņa josla 228. lpp.	Sarkolemma jeb muskuļšķiedras apvalks 233. lpp.
Kreatīna fosfāts 233. lpp.	Skābekļa parāds 233. lpp.
Krūšu kauls 227. lpp.	Smadzeņu dobums 225. lpp.
Lāpstiņa 228. lpp.	Spieķkauls 228. lpp.
Lielais pakauša caurums 226. lpp.	Starpskriemeļu diski 229. lpp.
Miofibrilla 233. lpp.	Tonuss 231. lpp.
Mioglobīns 233. lpp.	
Miozīns 233. lpp.	
Mugurkaula skriemelis 227. lpp.	
Muskuļšķiedras endoplazmatiskais tīkls 233. lpp.	

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- A. _____ – šūna, kas veido kaulu.
- B. _____ – elektroķīmiskās pārmaiņas, kas rodas muskuļšķiedras apvalka caurlaidības pārmaiņu dēļ un izplatās pa T sistēmu, radot muskuļa kontrakciju.
- C. _____ – šūna, kas izraisa kaula sairšanu.
- D. _____ – aktīna pavedienu pārvietošanās pāri miozīna pavedieniem, radot muskuļa kontrakciju.
- E. _____ – muskuļu proteīns, kas veido diska plānos pavedienus. Tā kustības saīsina disku un rada muskuļa kontrakciju.
- F. _____ – skeleta daļa, kas sastāv no plecu joslas un iegurņa joslas un pie tām piestiprinātajām rokām un kājām.
- G. _____ – skeleta daļa, kas veido vertikālo balstu jeb asi. Pie tās pieder galvaskauss, ribas, mugurkauls un krūšu kauls.
- H. _____ – skeleta daļa, kura balsta roku un pie kuras roka ir piestiprināta.
- I. _____ – skeleta daļa, pie kuras ir piestiprināta kāja.
- J. _____ – vieta, kur aksona izaugums pietuvojas muskuļšķiedrai. Tā sastāv no presinaptiskās membrānas, sinaptiskās spraugas un postsinaptiskās membrānas.

Hormoni un endokrīnā sistēma

14. NODAĻA

Nodaļas saturs

14.1. Hormoni – šūnas vielmaiņas ietekmētāji

- Hormoni ietekmē savu mērķšūnu vielmaiņu. 240. lpp.

14.2. Cilvēka endokrīnā sistēma

- Hipotalāms regulē hipofīzes funkcijas, bet hipofīze – vairākus citus dziedzerus. 244. lpp.
- Epitēlijķermenīši atrodas vairogdziedzerī. Tiem ir noteiktas funkcijas. 247. lpp.
- Virsnieru dziedzerim ir serde un garoza. Virsnieru dziedzera darbība saistīta ar stresu. 248. lpp.
- Aizkuņa dziedzeris izdala hormonus, kas regulē glikozes līmeni asinīs. 253. lpp.
- Dzimundziedzeri veido dzimumhormonus, kuri nosaka sekundārās dzimum pazīmes. 253. lpp.

14.3. Vides signāli

- Ir trīs galvenie vides signāli. Hormoni ir viens no tiem. 254. lpp.
- Daudzi audi izdala hormonus, lai gan šos audus neuzskata par endokrīnajiem dziedzeriem. 255. lpp.



Zilkājainās sullas (*Sula nebouxi*) izrāda uzmanību viena otrai.

Nervu sistēma apkopo no sajūtu orgāniem saņemto informāciju un regulē efektoru darbību ar ķīmisko vielu (neurotransmisīvo vielu) palīdzību. Endokrīnā sistēma (iekšējās sekrēcijas dziedzeru sistēma) koordinē ķermeņa daļas ar bioloģiski aktīvu vielu – hormonu palīdzību. Parasti hormoni tiek izdalīti asinīs. Tie regulē visa organisma procesus, piemēram, augšanu, vairošanos, sarežģītu uzvedību, ieskaitot uzmanības pievēršanu un migrāciju. Nervu sistēma spēj acumirkli reaģēt uz vides kairinājumu, piemēram, roka uzreiz tiek atrauta no liesmas. Hormonālā sistēma darbojas lēnāk un regulē procesus, kas ilgst dienām un pat mēnešiem. Kad hormoni nonāk pie tām šūnām, kurām ir atbilstošie plazmas receptori, tie ietekmē šo šūnu vielmaiņu. Pāriet noteikts laika sprīdis, līdz hormonu ietekme izpaužas. Hormonu iedarbības efekts ir ilgstošāks.

Kāda nozīme ir tam, ka dzīvniekiem homeostāzi nodrošina divas dažādas sistēmas? Pastāv iespēja atbildēt uz diviem atsevišķiem kairinātāju veidiem. Ir kairinātāji, uz kuriem ir jāatbild nekavējoties, un ir tādi kairinātāji, uz kuriem ir nepieciešama ilgstošāka atbildes reakcija.

14.1. Hormoni – šūnas vielmaiņas ietekmētāji

Hormons (gr. *hormao* – izraisīt, provocēt) ir organiska viela, ko izdala kādu šūnu grupa. Hormons ietekmē šūnas, kas atrodas citā organisma vietā. Hormoni mērķorgānos (orgānos, kuros tie iedarbojas) parasti nonāk ar asinsrites starpniecību. Jāuzsver, ka hormoni nemeklē noteiktus orgānus, bet gan orgāni paši tos uztver. Šūnām, kuras spēj reaģēt uz hormona iedarbību, ir specifiski receptori, kuri savienojas ar hormonu pēc atslēgas–slēdzenes principa. Tādēļ šūnas reaģē tikai uz kādu noteiktu hormonu.

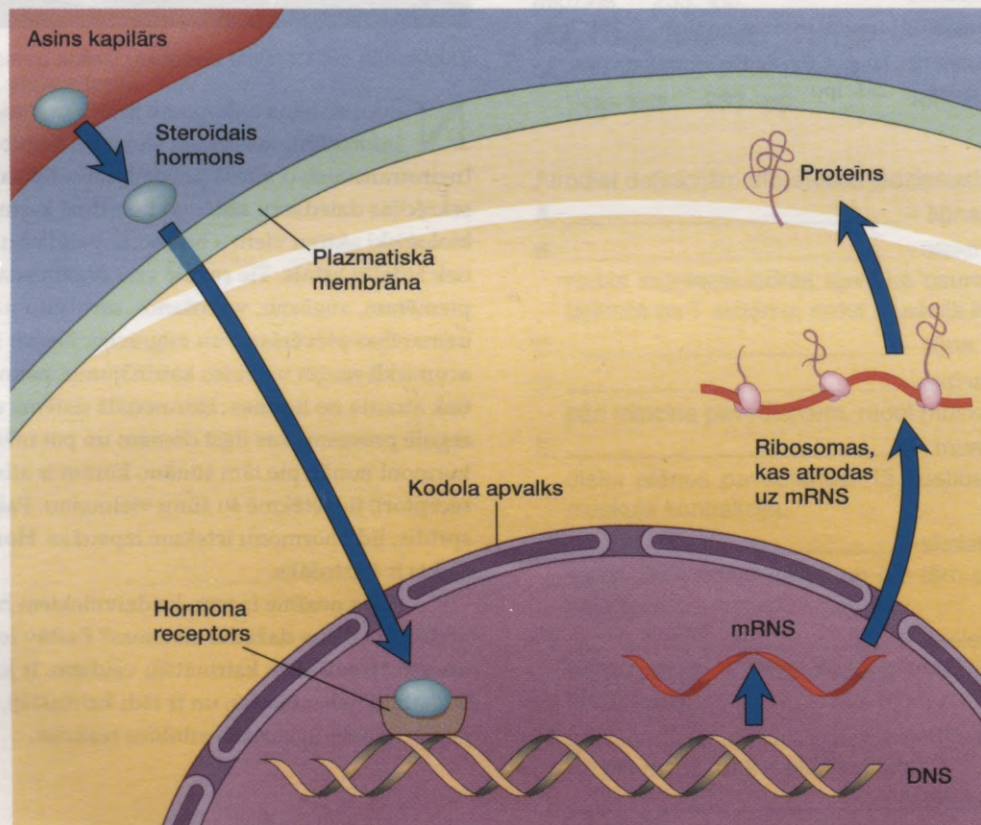
Būtībā nervu sistēmas darbības nošķiršana no endokrīnās sistēmas darbības ir mākslīga, jo gan vienā, gan otrā gadījumā darbojas ķīmiskie ziņneši – neurotransmisīvās vielas vai hormoni. Bez tam galvas smadzenēs ir neirosekretorās šūnas, kas izdala hormonus. Daži no šiem hormoniem regulē endokrīno dziedzeru darbību. Šīs sistēmas darbojas vienlaikus, un daļa to funkciju pārklājas. Turpmāk tiks aplūkoti vairāki piemēri, kas parāda, ka šīs sistēmas ir savstarpēji saistītas.

Steroīdie hormoni aktivē DNS

Mugurkaulniekiem daļa hormonu ir **steroīdie hormoni**. Šos hormonus izdala virsnieru dziedzeru garoza, olnīcas un sēklinieki. Steroīdie hormoni ir veidojušies no holesterola (holesterīna), notiekot virknei vielmaiņas reakciju. Šie hormoni glabājas šūnas citoplazmā tauku pilienu veidā, līdz tiek izdalīti caur plazmatisko membrānu. Steroīdie hormoni nepiesaistās pie šūnas virsmas receptoriem, jo tie var brīvi iekļūt šūnā un kodolos (14.1. att.). Kodola iekšienē steroīdie hormoni, piemēram, estrogēns un progesterons, piesaistās pie receptoriem, radot kodola–receptora kompleksu. Šis komplekss pievienojas transkripcijas faktoriem, kuri savukārt piesaistās pie DNS. Tā tiek aktivēti noteikti gēni, un šai aktivācijai seko DNS transkripcija un matricas ribonukleīnskābes (mRNS) translācija. Šādā veidā steroīdie hormoni vada proteīnu sintēzi.

Nesteroīdie hormoni aktivē enzīmus

Mugurkaulniekiem daudzi hormoni ir proteīni vai peptīdi, ko kodē gēni un sintezē citoplazmā esošās ribosomas. Bet ir arī citi hormoni, ko sauc par keteholamīniem. Tie ir atva-



14.1. attēls. Šūnas aktivitāte un steroīdie hormoni

Pēc izkļūšanas caur plazmatisko membrānu steroīdie hormoni kodola iekšienē piesaistās pie receptoriem. Jaunākie pētījumi liecina, ka šie receptori tiešām atrodas kodolā, nevis citoplazmā. Pēc tam hormonu–receptoru komplekss piesaistās transkripcijas faktoram, rezultātā aktivējas noteikti gēni un sintezējas proteīns.

sināti no aminoskābes tirozīna, un to veidošanās notiek citoplazmā virknē vielmāiņas reakciju.

Hormonu darbība liecina, ka proteīni, peptīdi un kateholamīni ir nesteroidie hormoni. Šo hormonu darbības veidu 1950. gadā atklāja amerikāņu biokīmiķis Ē. Saterlends, pētot epinefrīna ietekmi uz aknu šūnām. Par izvirzīto hipotēzi Ē. Saterlends saņēma Nobela prēmiju. Viņš secināja, ka epinefrīns piesaistās pie šūnas virsmas receptora. Rezultātā šis komplekss aktivē enzīmu, kas veido ciklisko adenozinmonofosfātu (cAMP). Tas (14.2. att.) veidojas no ATP. Cikliskais adenozinmonofosfāts satur tikai vienu fosfātgrupu, kura ir pievienota adenozinam divās vietās.

Tā kā nesteroidie hormoni nekad neiekļūst šūnā, tos dažkārt sauc par pirmajiem ziņnesiņiem (mesendžeriem), bet cAMP – par otro ziņnesi, kas iedarbina vielmāiņas reakcijas. Jaunākie pētījumi liecina, ka eksistē starpnieks starp pirmo ziņnesi un adenilciklāzi. Tas ir enzīms, kas pārvērš ATP par cAMP. G proteīni, kuri spēj piesaistīties pie guaniltrifosfāta (GTP) un to noārdīt, ir enerģijas nesēji tāpat kā ATP. Tos tiešā veidā stimulē hormona–receptora mijiedarbība. G proteīni atrodas membrānā un regulē daudzu citu membrānas proteīnu darbību, it īpaši jonu kanālus un enzīmus. Šajā gadījumā G proteīns aktivē adenilciklāzi, un

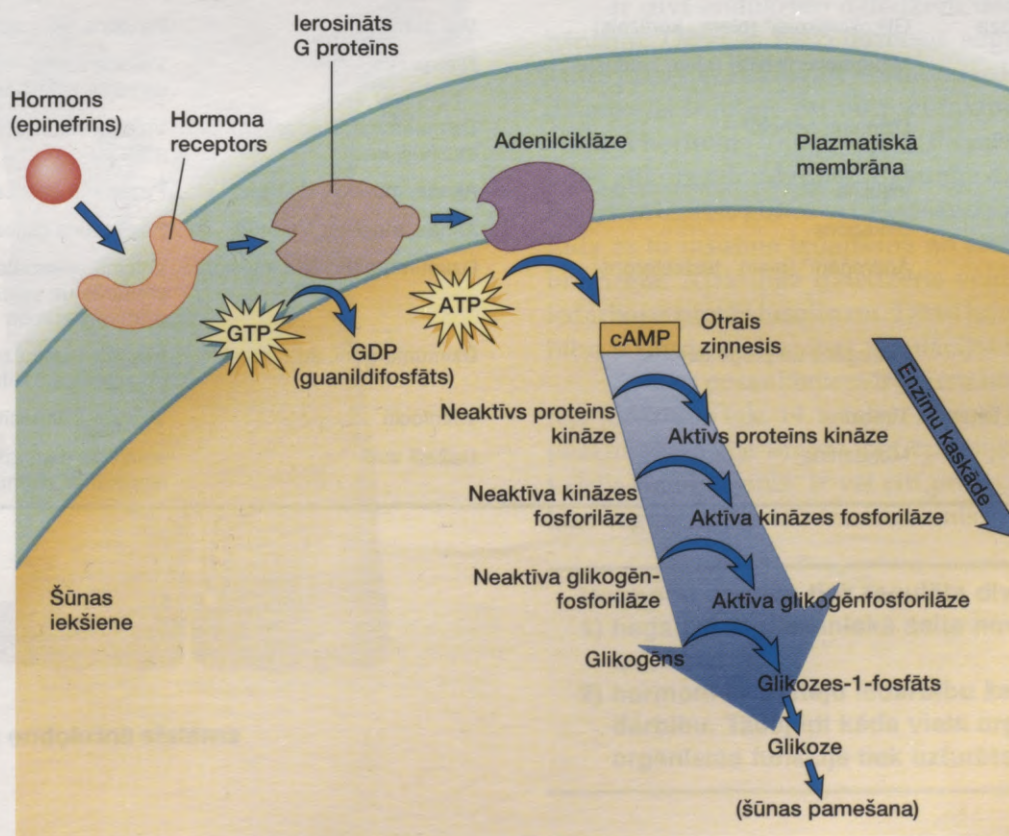
rezultātā veidojas cAMP, kas ir otrais jeb sekundārais ziņnesis un kas iedarbina enzīmu kaskādi.

Tas aktivē šūnā tikai vienu noteiktu enzīmu, bet tas savukārt aktivē citu enzīmu, un tā reakcijas turpinās. Aktīvītie enzīmi reakcijās iesaistās atkārtoti, tāpēc katrā enzīmu kaskādes posmā notiek aizvien vairāk reakciju. Rezultātā vienas hormona molekulas piesaistīšanās izraisa tūkstoškārtīgu atbildes reakciju. Nesteroidie hormoni darbojas relatīvi ātri, tomēr to darbība ir īslaicīga. Drīz cAMP tiek pārvērsts par neaktīvu produktu un arī enzīmi kļūst neaktīvi. Šūnā ir atklāti arī citi otrie ziņnesi. Piemēram, inositola trifosfāts (IP_3) ir otrais ziņnesis, kas muskuļšūnās atbrīvo kalcija jonus.

Tā kā kalcījs tālāk aktivē proteīnus, to mēdz saukt par trešo ziņnesi.

Tātad aplūkoti hormoni ir iesaistīti signālu transdukcijā – posmu secības realizēšanā no signāla saņemšanas līdz šūnas atbildei. G proteīni ir cieši saistīti ar signālu transdukciju, radot atbilstošu šūnas reakciju.

Steroidie hormoni rada jaunu proteīnu sintēzi, bet nesteroidie hormoni aktivē šūnā esošos enzīmus.



14.2. attēls. Nesteroido hormonu radītā aktivitāte šūnā

Nesteroidie hormoni, kurus sauc par pirmajiem ziņnesiņiem (mesendžeriem), piesaistās pie īpašiem plazmatiskās membrānas receptoriem. Hormona–receptora komplekss aktivē G proteīnu, kas piesaistās pie guaniltrifosfāta. Daļa kompleksa atšķēļ un aktivē adenilciklāzi, kura iedarbojas uz ATP un veido cAMP – otro ziņnesi, kas aktivē enzīmu kaskādi. Ir arī G proteīni – inhibitori.

14.1. tabula

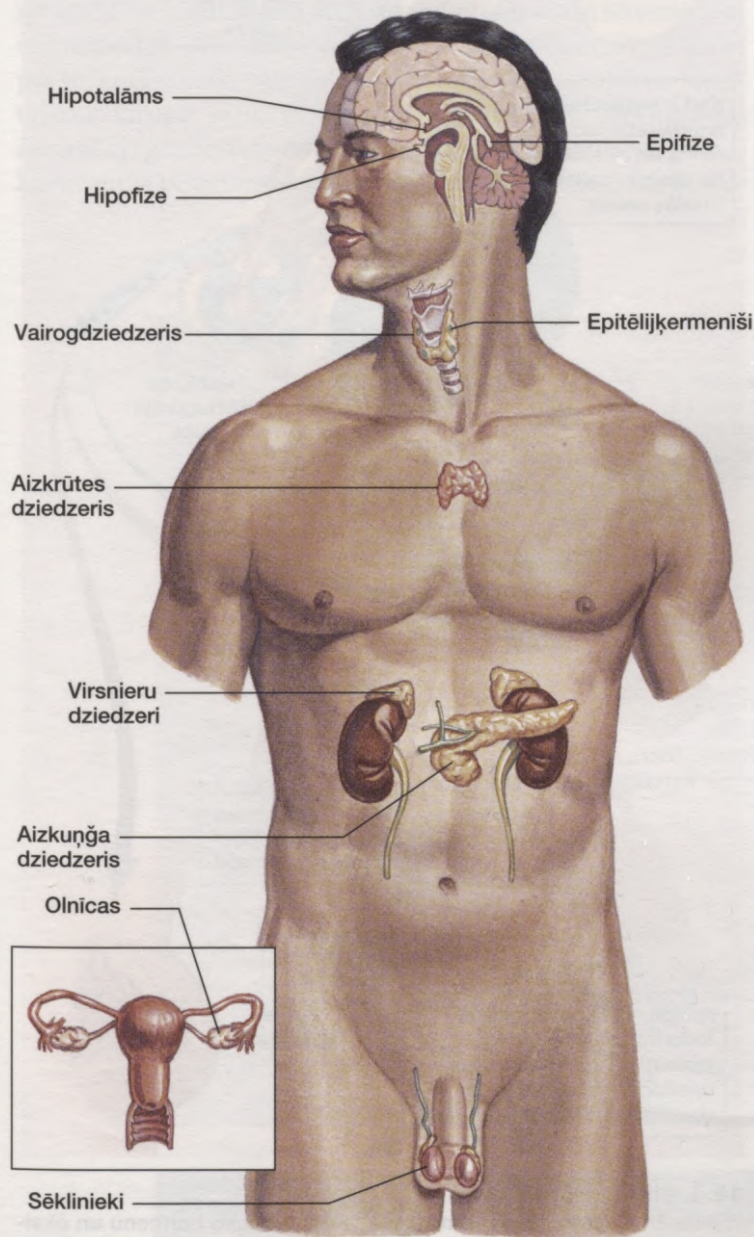
Cilvēka galvenie endokrīnie dziedzeri un to hormoni

Endokrīnais dziedzeris	Izdalītie hormoni	Mērķšūnas/orgāni	Hormonu galvenās funkcijas
Hipotalāms	Hormons, kas veicina hipofīzes hormonu izdalīšanos	Hipofīzes priekšējā daļa	Regulē hipofīzes priekšējās daļas hormonus
Hipofīzes aizmugurējā daļa (hipotalāma hormonu krātuve)	Antidiurētiskais hormons jeb vazopresīns	Nieres	Stimulē ūdens reabsorbciju nierēs
	Oksitocīns	Dzemde, krūts dziedzeri	Veicina dzemdes muskuļu kontrakcijas un piena izdalīšanos no krūts dziedzeriem
Hipofīzes priekšējā daļa	Augšanas hormons jeb somatotropīns	Mīkstie audi, kauli	Veicina šūnu dalīšanos, proteīnu sintēzi un kaulu augšanu
	Prolaktīns	Krūts dziedzeri	Veicina piena veidošanos un izdalīšanos
	Vairogdziedzeri stimulējošais hormons	Vairogdziedzeris	Veicina vairogdziedzera darbību
	Adrenokortikotropīns	Virsnieru garoza	Veicina virsnieru garozas darbību
	Gonadotropie hormoni	Dzimumdziedzeri (sēklinieki un olnīcas)	Regulē gametu un dzimumhormonu veidošanos
	Melanocītus stimulējošais hormons	Āda	
Vairogdziedzeris	Tiroksīns un trijodotironīns	Visi audi	Palielina vielmaiņas ātrumu, palīdz regulēt augšanu un attīstību
	Tireokalcitonīns	Kauli, nieres, zarnas	Pazemina kalcija līmeni asinīs
Epitēlijķermenīši	Parathormons	Kauli, nieres, zarnas	Paaugstina kalcija līmeni asinīs
Virsnieru dziedzeru serde	Epinefrīns jeb adrenalīns (1) un norepinefrīns jeb noradrenalīns (2)	Sirds muskulis un citi muskuļi	Paaugstina (1) vai pazemina (2) asinsspiedienu un palielina (1) vai pazemina (2) glikozes daudzumu asinīs
Virsnieru dziedzeru garoza	Glikokortikoīdi* (piem., kortizols)	Visi audi	Palielina glikozes daudzumu asinīs
	Mineralokortikoīdi* (piem., aldosterons)	Nieres	Veicina nātrija reabsorbciju nierēs un kālija izdalīšanu no tām
	Dzimumhormoni*	Dzimumorgāni, āda, muskuļi, kauli	Veicina sekundāro dzimumpazīmju attīstību
Aizkuņģa dziedzeris	Insulīns	Aknas, muskuļi, taukaudi	Pazemina glikozes daudzumu asinīs
	Glikagons	Aknas, muskuļi, taukaudi	Paaugstina glikozes daudzumu asinīs
Sēklinieki	Androgēni* (piem., testosterons)	Dzimumorgāni, āda, muskuļi	Veicina spermatogēnēzi, attīstību, primārās un sekundārās dzimumpazīmes
Olnīcas	Estrogēns un progesterons*	Dzimumorgāni, āda, muskuļi	Veicina ooģenēzi, attīstību, primārās un sekundārās dzimumpazīmes
Aizkrūtes dziedzeris jeb timuss	Timozīns	T limfocīti	Veicina T limfocītu nobriešanu
Epifīze	Melatonīns	Dažādi audi	Iesaistās diennakts ritmos un, iespējams, dzimumorgānu nobriešanā

* steroidie hormoni

14.2. Cilvēka endokrīnā sistēma

Endokrīnajiem jeb iekšējās sekrēcijas dziedzeriem pretēji ārējās sekrēcijas dziedzeriem nav izvadkanālu. Piemēram, siekalu dziedzeriem (ārējās sekrēcijas dziedzeri) ir izvadkanāli, kas siekalas izdala mutes dobumā. Iekšējās sekrēcijas dziedzeri hormonus ievada tieši asinsritē, kur tie tiek iznēsāti par visu organismu.



14.3. attēls. Cilvēka endokrīnā sistēma

Lai gan cilvēkam visumā ir tāda pati endokrīnā sistēma kā citiem mugurkaulniekiem, tomēr cilvēka hormoni atšķiras no citu mugurkaulnieku hormoniem. Prolaktīns izraisa sievietēm piena sekrēciju no krūšu dziedzeriem, savukārt baložiem – gužas piena izdalīšanos no zarnu kanāla. Tiroksīns cilvēka organismā veicina vielmaiņu, bet vardēm tas ierosina metamorfozi (kurkuļu pārvēršanos par pieaugušām vardēm). Citi hormoni ir sugām specifiski, t. i., darbojas tikai konkrētajai sugai.

Cilvēka endokrīnie dziedzeri un to funkcijas ir aplūkotas 14.3. attēlā un 14.1. tabulā. Hipotalāms, hipofīze un epifīze atrodas galvas smadzenēs, vairogdziedzeris un epitēlijķermenīši atrodas kaklā, virsnieru dziedzeris un aizkuņģa dziedzeris – iegurņa dobumā. Olnīcas un sēklinieki ir dzimumdziedzeri. Olnīcas atrodas iegurņa dobumā, bet sēklinieki – ārpus dobuma sēklinieku maisiņā. Aizkrūtes dziedzeris jeb tīmuss atrodas krūškurvja priekšējā daļā.

Endokrīnajai sistēmai, līdzīgi kā nervu sistēmai, ir ļoti liela loma homeostāzes jeb organisma iekšējās vides relatīvā nemainīguma nodrošināšanā. Organisma iekšējo vidi veido asinis un audu šķidrums, kas apņēms šūnas. Daļa hormonu tieši ietekmē asins, ūdens, glikozes, kalcija un nātrija līmeni. Citi hormoni ir iesaistīti nobriešanā un dzimumorgānu funkciju nodrošināšanā. Parasti cilvēki vislabāk pārzina dzimumhormonu funkcijas.

Ir divi endokrīno dziedzeru darbības kontroles mehānismi. Diezgan bieži darbojas negatīvās atgriezeniskās saites princips, kas regulē hormonu izdalīšanos. Endokrīnais dziedzeris ir jutīgs vai nu pret faktoru, ko tas regulē, vai arī pret hormona līmeni asinīs. Piemēram, kad asinīs palielinās glikozes daudzums, aizkuņģa dziedzeris izdala insulīnu, kas izraisa glikozes uzkrāšanu aknās glikogēna veidā. Līdz ar to insulīna izdalīšana no aizkuņģa dziedzera tiek bremsēta. Aizkuņģa dziedzeris veido arī glikagonu, kas iedarbojas pretēji insulīnam. Tātad hormoni ar pretēju iedarbību ir otrais to darbības regulācijas veids.

Bez jau nosauktajiem ir arī citi hormoni, kuriem ir pretēja iedarbība (sk. 14.1. tab.). Piemēram, vairogdziedzeris pazemina kalcija līmeni, bet epitēlijķermenīši paaugstina kalcija līmeni asinīs. Ir vēl citi pretējas darbības hormoni, kuri regulē vielu daudzumu asinīs.

Hormonu darbība tiek regulēta divējādi:

- 1) negatīvā atgriezeniskā saite novērš to izdalīšanos;
- 2) hormoni ar pretēju iedarbību kavē cits cita darbību. Tādējādi kāda viela organismā vai kāda organisma funkcija tiek uzturēta normas robežās.

Hipotalāms regulē hipofizi

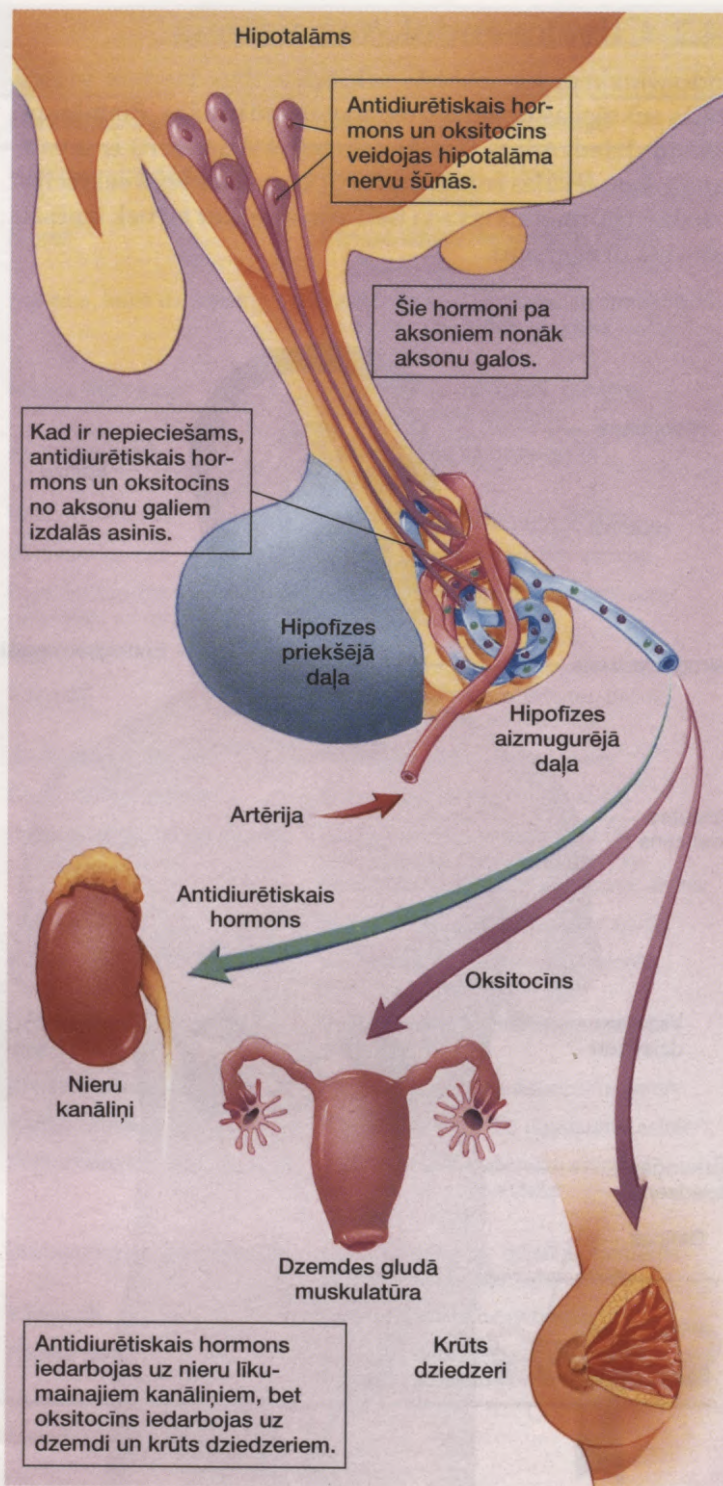
Hipotalāms ir galvas smadzeņu daļa, kas regulē organisma iekšējo vidi. Tas palīdz regulēt sirdsdarbību, ķermeņa temperatūru, ūdens daudzumu un **hipofīzes** sekretoro darbību. Hipofīze ir dziedzeris, kura diametrs ir aptuveni 1 cm. Tā atrodas zem hipotalāma, un tai ir divas daļas – aizmugurējā un priekšējā daļa.

Hipofīzes aizmugurējā daļa – divu hormonu krātuve

Hipotalāma un hipofīzes aizmugurējās daļas uzbūves un funkciju līdzība liecina par nervu sistēmas un endokrīnās sistēmas darbības pārklāšanos. Hipofīzes aizmugurējā daļa ar hipotalāmu ir savienota ar "kājiņas" palīdzību. Hipotalāmā ir neironi, kurus sauc par neurosekretoriem šūnām. Tās izdala neurotransmisīvās vielas un veido hormonus, kuri uzkrājas un tiek izdalīti no hipofīzes aizmugurējās daļas. Tie nonāk no hipotalāma hipofīzes aizmugurējā daļā pa aksoniem.

Aksonu gali hipofīzes aizmugurējā daļā nogādā **antidiurētisko hormonu** (gr. *anti* – pret un lat. *ouresis* – urinācija), ko dažkārt sauc par vazopresīnu, un oksitocīnu (14.4. att.). Antidiurētiskais hormons veicina ūdens reabsorbciju no nierēs savācējkanāļiem. Hipotalāmā ir citas nervu šūnas, kuras tajā gadījumā, kad asinis ir pārāk koncentrētas, uztver asiņu koncentrācijas palielināšanos. Tad no hipofīzes aizmugurējās daļas aksonu galiem asinīs izdalās antidiurētiskais hormons. Tam nonākot nierēs, ūdens tiek reabsorbēts. Kad asinis ir atšķaidītas, hormons pārtrauc izdalīties. Šis ir piemērs kontrolei ar negatīvās atgriezeniskās saites palīdzību, jo hormona darbības efekts (atšķaidītas asinis) pārtrauc hormona izdalīšanos. **Oksitocīns** (gr. *oxys* – ātrs un *tokos* – dzimšana) ir otrs hormons, ko veido hipotalāms un uzkrāj hipofīzes aizmugurējā daļā. Oksitocīns izraisa dzemdes kontrakcijas; to lieto, lai mākslīgi izraisītu dzemdības. Tas veicina arī bērna barošanai nepieciešamā piena izdalīšanos no krūts dziedzeriem.

Hipofīzes aizmugurējā daļa uzkrāj divus hormonus – antidiurētisko hormonu un oksitocīnu. Abus šos hormonus veido un izdala hipotalāma neurosekretoriās šūnas.



14.4. attēls. Hipotalāms

Hipotalāms veido divus hormonus – antidiurētisko hormonu un oksitocīnu. Tie uzkrājas hipofīzes aizmugurējā daļā un izdalās no tās.

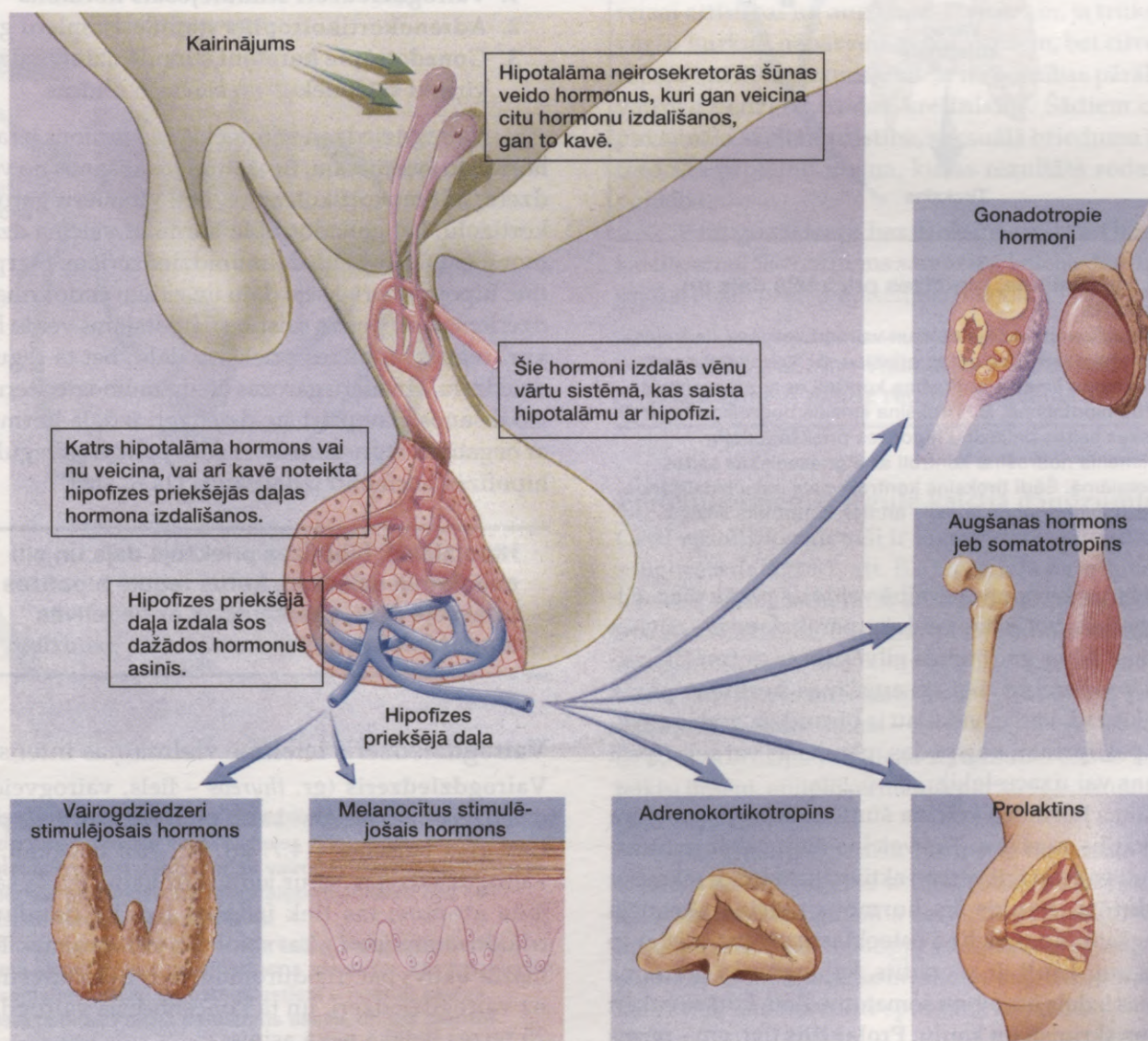
Hipofīzes priekšējā daļa

Jau 1930. gadā kļuva zināms, ka hipotalāms kontrolē arī hipofīzes priekšējās daļas hormonu izdalīšanos. Hipotalāma stimulācija ar elektrisko strāvu izraisa hipofīzes priekšējās daļas hormonu izdalīšanos, taču, stimulējot tieši hipofīzes priekšējo daļu, hormoni neizdalās. Sīkāki pētījumi liecina, ka pastāv vārtu sistēma, ko veido asinsvadi, kuri savieno hipotalāma kapilārus ar hipofīzes priekšējās daļas kapilāriem (14.5. att.). Daļa zinātnieku ticēja, ka dažādas hipotalāma šūnu grupas sintezē atšķirīgus hormonus, kuri pa vēnu vārtu sistēmu nonāk hipofīzē. Aizsākās cīņa starp divām pētnieku grupām par to, kurš noteiks vienu no hormoniem, kas izdalās no hipotalāma. Grupa, kuru vadīja franču fiziologs Rožē Gijmēns, apstrādāja gandrīz divus miljonus aitū hipotalāmu, bet grupa, kuru vadīja poļu izcelsmes amerikāņu bioķīmiķis Endrū Vik-

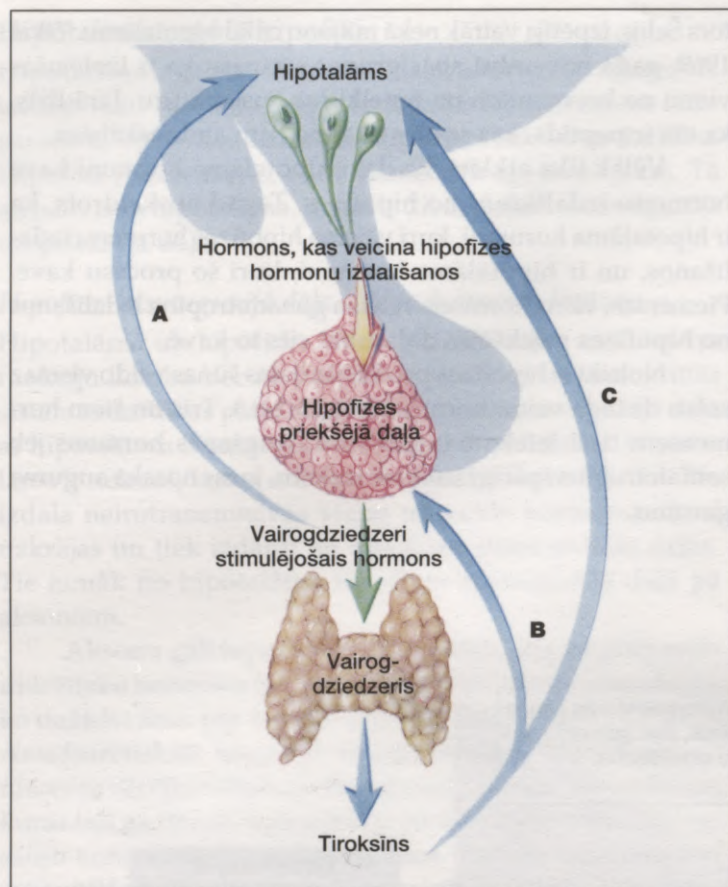
tors Šelijs, izpētīja vairāk nekā miljonu cūku hipotalāmu. Tikai 1969. gada novembrī abas grupas secināja, ka ir izolējušas vienu no hormoniem un noteikušas tā struktūru. Izrādījās, ka tas ir peptīds, kas sastāv tikai no trim aminoskābēm.

Vēlāk tika atklāts, ka daži hipotalāma hormoni kavē hormonu izdalīšanos no hipofīzes. Tagad noskaidrots, ka ir hipotalāma hormoni, kuri veicina hipofīzes hormonu izdalīšanos, un ir hipotalāma hormoni, kuri šo procesu kavē. Piemēram, viens hormons veicina gonadotropīna izdalīšanos no hipofīzes priekšējās daļas, bet cits to kavē.

Noteiktas hipofīzes priekšējās daļas šūnas veido vismaz sešus dažāda veida hormonus (14.5. att.). Trīs no šiem hormoniem tieši ietekmē organismu. Augšanas hormons jeb somatotropīns spēcīgi ietekmē izskatu, jo tas nosaka auguma garumu.

**14.5. attēls. Hipotalāms un hipofīzes priekšējā daļa**

Hipotalāms regulē hipofīzes priekšējās daļas darbību. Endokrīnie dziedzeri ir arī vairogdziedzeris, virsnieru dziedzeru garoza un dzimumdziedzeri.



14.6. attēls. Hipotalāms, hipofīzes priekšējā daļa un vairogdziedzeris

Hipotalāms, hipofīzes priekšējā daļa un vairogdziedzeris darbojas pēc negatīvās atgriezeniskās saites principa. **A.** Vairogdziedzeri stimulējošā hormona līmenis nodrošina kontroli ar atgriezeniskās saites palīdzību hipotalāmā. **B.** Tiroksīna līmenis nodrošina kontroli ar atgriezeniskās saites palīdzību hipofīzes priekšējā daļā. **C.** Tiroksīna līmenis nodrošina kontroli ar atgriezeniskās saites palīdzību hipotalāmā. Šādi tiroksīns kontrolē pats savu izdalīšanos. Kortizola un dzimumhormonu līmenis arī tiek kontrolēts līdzīgā veidā.

Ja augšanas hormons bērnībā veidojas pārāk maz, cilvēks neizaug liels, bet, ja tas veidojas pārāk daudz, – cilvēks izaug milzīgs. Abos gadījumos cilvēkam ir normālas ķermeņa daļu proporcijas. Bet, ja augšanas hormons pārāk daudz izdalās tad, kad cilvēks jau ir pieaudzis, rodas **akromegālija** – pastiprināti aug pēdas, plaukstas vai seja (īpaši zods, deguns vai uzacu loki).

Augšanas hormons veicina šūnu dalīšanos, proteīnu sintēzi un kaulu augšanu. Tas veicina aminoskābju transportu šūnā un palielina ribosomu aktivitāti, tādējādi sekmējot proteīnu sintēzi. Kaulos šis hormons veicina skrimšļa plātnišu augšanu un palielina osteoblastu skaitu, līdz ar to pastiprināti aug kauli. Ir pierādīts, ka augšanas hormona ietekmē aknas izdala hormonu somatomedīnu, kurš savukārt iedarbojas uz skrimslī un kaulu. **Prolaktīns** (lat. *pro* – pirms

un *lactis* – piens) lielā daudzumā izdalās tikai pēc bērna piedzimšanas. Tas liek attīstīties krūts dziedzeriem, un tie sāk izdalīt pienu. Bez tam prolaktīns piedalās ogļhidrātu un tauku maiņā.

Melanocītu stimulējošais hormons (gr. *melanos* – melns un *kytos* – šūna) daudzām zivīm, abiniekiem un rāpuļiem izraisa ādas krāsas maiņu. Šiem dzīvniekiem īpašas ādas šūnas izdala dažādu krāsu. Cilvēkiem melanocītu stimulējošais hormons pastiprina melanīna sintēzi. Melanīns veidojas no tās pašas vielas, no kuras rodas adrenokortikotropīns un hipofīzes priekšējās daļas endomorfīns, kurš ir strukturāli un funkcionāli līdzīgs galvas smadzeņu nervu šūnu izdalītajam endomorfīnam.

Hipofīzes priekšējā daļa kontrolē dažu citu iekšējās sekrēcijas dziedzeru darbību (sk. 14.5. att.). Kā jau norādīts 14.1. tabulā, hipofīzes priekšējā daļa izdala hormonus, kuri ietekmē citus dziedzerus.

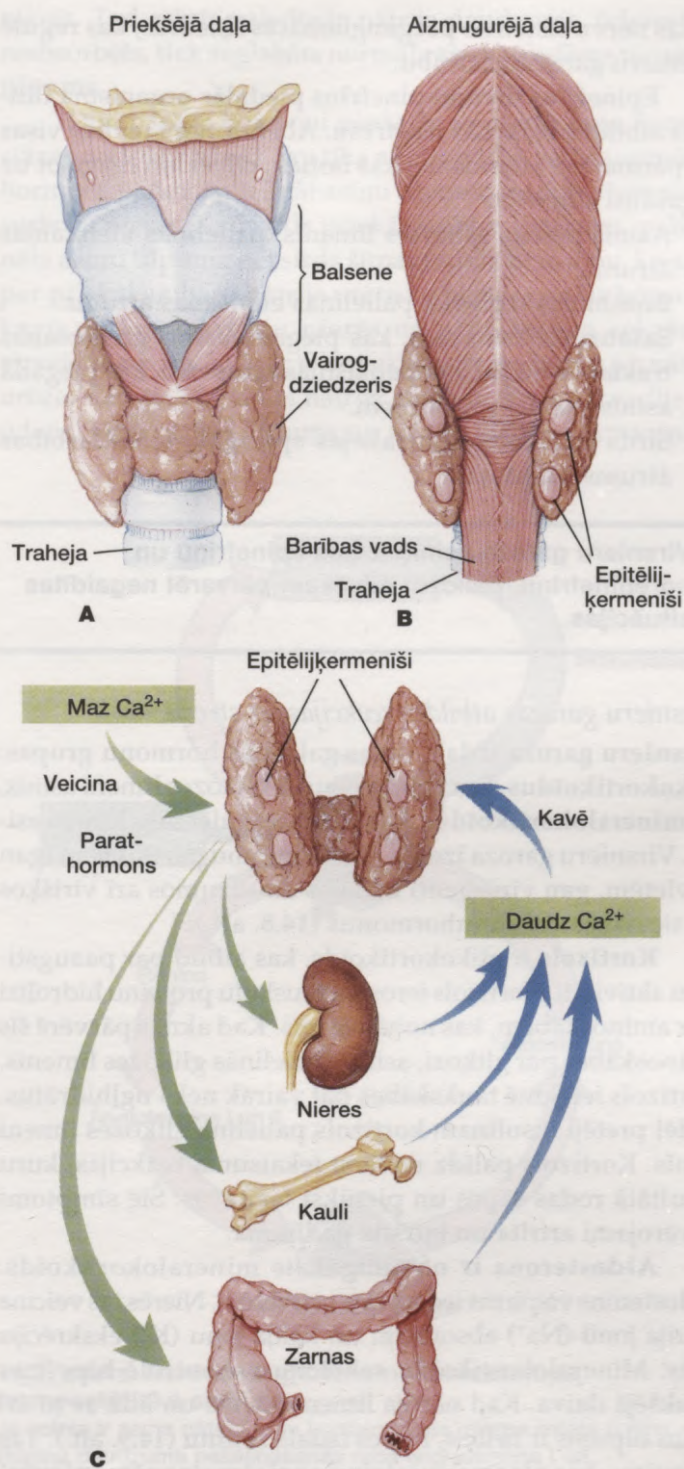
1. **Vairogdziedzeri stimulējošais hormons**
2. **Adrenokortikotropīns** stimulē virsnieru garozu.
3. **Gonadotropie hormoni** stimulē dzimumdziedzerus – vīriešu sēkliniekus un sievietes olnīcas.

Vairogdziedzeri stimulējošais hormons izraisa tiroīdo hormonu (piemēram, tiroksīna) izdalīšanos no vairogdziedzera, adrenokortikotropīns liek virsnieru garozai veidot kortizolu, bet gonadotropie hormoni veicina dzimumhormonu izdalīšanos no dzimumdziedzeriem. Starp hipotalāmu, hipofīzes priekšējo daļu un citiem endokrīnajiem dziedzeriem pastāv cieša saistība. Hipotalāms veido hormonus, kuri regulē hipofīzes priekšējo daļu, bet tā regulē vairogdziedzera, virsnieru garozas un dzimumdziedzera hormonu izdalīšanos. Savukārt šie dziedzeri izdala hormonus, kuri ar negatīvās atgriezeniskās saites palīdzību regulē attiecīgo hipofīzes hormonu izdalīšanos (14.6. att.).

Hipotalāms, hipofīzes priekšējā daļa un citi endokrīnie dziedzeri, kurus regulē hipofīzes priekšējā daļa, pašregulējas ar negatīvās atgriezeniskās saites mehānisma palīdzību.

Vairogdziedzeris ietekmē vielmaiņas intensitāti

Vairogdziedzeris (gr. *thyreos* – liels, vairogveida) ir liels dziedzeris, kas atrodas kaklā un ir piestiprināts pie trahejas tieši zem balsenes (14.7. att. A). Abi hormoni, ko izdala vairogdziedzeris, satur jodu. **Tiroksīns** jeb T_4 satur četrus joda atomus; tas tiek izdalīts lielākā daudzumā nekā trijodtironīns jeb T_3 , kas satur trīs joda atomus. Tiroksīns ir mazāk aktīvs par trijodtironīnu. Jods tiek aktīvi transportēts uz vairogdziedzeri, un tā koncentrācija vairogdziedzerī ir 25 reizes lielāka nekā asinīs.



14.7. attēls. Vairogdziedzeris un epitēlijķermenīši

A. Vairogdziedzeris atrodas kaklā trahejas priekšpusē.

B. Četri epitēlijķermenīši ir iegremdēti vairogdziedzera aizmugurējā virsmā, tomēr vairogdziedzerim ar epitēlijķermenīšiem nav ne anatomiskas, ne fizioloģiskas saistības.

C. Epitēlijķermenīšu parathormona sekrēcijas regulācija. Zems kalcijs asinīs izraisa parathormona sekrēciju, kas liek nierēm un zarnām saglabāt kalciju un osteoklastiem – noārdīt kaulus. Rezultātā paaugstinās kalcijs asinīs, un tas bremzē parathormona sintēzi.

Tiroksīns satur jodu. Kad uzturā trūkst joda, vairogdziedzeris palielinās un veido kāksli. Palielināšanās cēlonis kļūst skaidrs, ja ņem vērā saistību starp vairogdziedzeri un hipofīzes priekšējo daļu.

Hipofīzes priekšējā daļa izdala vairogdziedzeri stimulējošo hormonu, kas liek vairogdziedzerim sekretēt tiroksīnu. Kad tiroksīna līmenis palielinās, hipofīzes priekšējā daļa negatīvās atgriezeniskās saites ietekmē pārtrauc izdalīt vairogdziedzeri stimulējošo hormonu. Ja tiroksīna daudzums asinīs ir zems, hipofīzes priekšējā daļa nepārtraukti izdala vairogdziedzeri stimulējošo hormonu. Rezultātā vairogdziedzera palielināšanās ir maz labuma, jo aktīvs tirozīns nevar veidoties bez joda klātbūtnes. Zinātnieki atklāja, ka kāksli var likvidēt, lietojot uzturā jodu saturošu sāli.

Tiroksīns paātrina vielmaiņas intensitāti šūnās. Palielinās elpošanas enzīmu daudzums, pastiprinās skābekļa uzņemšana. Mugurkaulniekiem tiroksīns ir nepieciešams pareizai attīstībai un augšanai. Piemēram, ja trūkst tiroksīna, varžu kurkuļi nepārvēršas par vardēm, bet cilvēkiem ir vērojami attīstības traucējumi. Ja no bērnības pārāk vāji strādā vairogdziedzeris, rodas **kretinisms**. Šādiem cilvēkiem ir pavājināta skeleta attīstība, seksuālā brieduma trūkums un traucēta proteīnu maiņa, kuras rezultātā rodas garīgā atpalicība.

Vairogdziedzeris bez tiroksīna veido arī hormonu tireokalcitonīnu. Šis hormons samazina kalcijs daudzumu asinīs un darbojas pretēji epitēlijķermenīšu parathormonam.

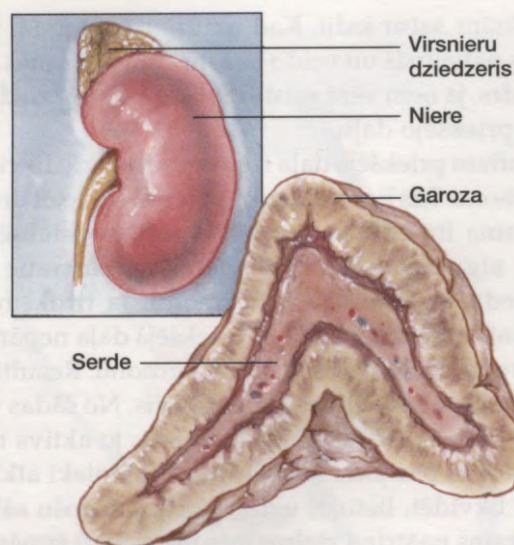
Tiroksīns paātrina vielmaiņu un jauniem organismiem palīdz regulēt augšanu un attīstību.

Epitēlijķermenīši regulē kalcijs daudzumu

Četri **epitēlijķermenīši** ir iegremdēti vairogdziedzera aizmugurējā daļā (14.7. att. B). Tie izdala **parathormonu**, kura ietekmē asinīs palielinās kalcijs daudzums, bet samazinās fosfāta daudzums. Parathormons stimulē kalcijs absorbciju no gremošanas trakta, aktivējot D vitamīnu. Tas veicina kalcijs aizturi nierēs un fosfātu ekskreciju no tām, kā arī aktivizē kaulus noārdošās šūnas – osteoklastus. Tāpēc notiek kaulu demineralizācija. Ja kalcijs daudzums asinīs sasniedz noteiktu līmeni, epitēlijķermenīši pārtrauc hormona izdalīšanu (14.7. att. C).

Ja epitēlijķermenīšu hormons neizdalās arī tad, kad ir zems kalcijs līmenis asinīs, rodas muskuļu krampji, jo kalcijam ir nozīmīga loma nervu impulsu vadišanā un muskuļu kontrakcijās. Krampju gadījumā ķermenis raustās nepārtraukto muskuļu kontrakciju dēļ. Tas notiek tāpēc, ka nervi tiek nepārtraukti spontāni kairināti.

Parathormons uztur augstu kalcijs līmeni asinīs. Tas darbojas pretēji vairogdziedzera hormonam tireokalcitonīnam.



14.8. attēls. Virsnieru dziedzeris
Virsnieru dziedzeris atrašanās vieta un uzbūve

Virsnieru dziedzeri

Virsnieru dziedzeri (lat. *ad* – uz un *renis* – niere) atrodas virs nierēm (14.8. att.). Katrs virsnieru dziedzeris sastāv no iekšējās daļas jeb serdes un ārējās daļas jeb garozas. Starp šīm daļām, tāpat kā starp hipofīzes priekšējo un aizmugurējo daļu, nepastāv fizioloģiska saistība.

Virsnieru hormoni pastiprināti izdalās stresa laikā. Hormoni, kurus izdala virsnieru serde, palīdz mums pārvarēt kritiskus stāvokļus, bet virsnieru garozā pasargā mūs no stresa.

Abu virsnieru daļu darbību kontrolē hipotalāms. Tas var ierosināt nervu impulsus, kas ceļo pa galvas smadzeņu stumbru, muguras smadzenēm un simpātisko nervu šķiedrām uz virsnieru serdi, kur izdalās hormoni. Hipotalāms ar īpaša hormona palīdzību kontrolē adrenokortikotropīna izdalīšanos no hipofīzes priekšējās daļas, bet tas savukārt stimulē virsnieru garozu. Jebkura veida stress (gan emocionālais, gan fiziskas traumas radītais) liek hipotalāmam stimulēt virsnieru dziedzerus.

Katram virsnieru dziedzerim ir divas daļas – ārējā daļa jeb garozā un iekšējā daļa jeb serde. Virsnieru serdi kontrolē nervu sistēma, bet garozā ir pakļauta hipofīzes priekšējās daļas adrenokortikotropīna iedarbībai.

Virsnieru serdes atbildes reakcijas uz stresu

Virsnieru serde veido epinefrīnu (adrenalinu) un **norepinefrīnu** (noradrenalinu). Norepinefrīnu izdala arī simpā-

tiskās nervu sistēmas pēcganglionārās šķiedras, kas regulē virsnieru garozas darbību.

Epinefrīns un norepinefrīns piedalās organisma tūlītējās atbildes reakcijās uz stresu. Abi hormoni realizē visas tās pārmaiņas organismā, kas notiek, cilvēkam reaģējot uz negaidītu situāciju.

- Asinīs pieaug glikozes līmenis, palielinās vielmaiņas ātrums.
- Bronhiolas izplešas, palielinās elpošanas ātrums.
- Sašaurinās asinsvadi, kas piegādā asinis gremošanas traktam un ādai, bet paplašinās asinsvadi, kas piegādā asinis skeleta muskuļiem.
- Sirds muskulis kontrahējas spēcīgāk, sirdsdarbības ātrums palielinās.

Virsnieru garozā asinīs izdala epinefrīnu un norepinefrīnu, palīdzot cilvēkam pārvarēt negaidītas situācijas.

Virsnieru garozas atbildes reakcijas uz stresu

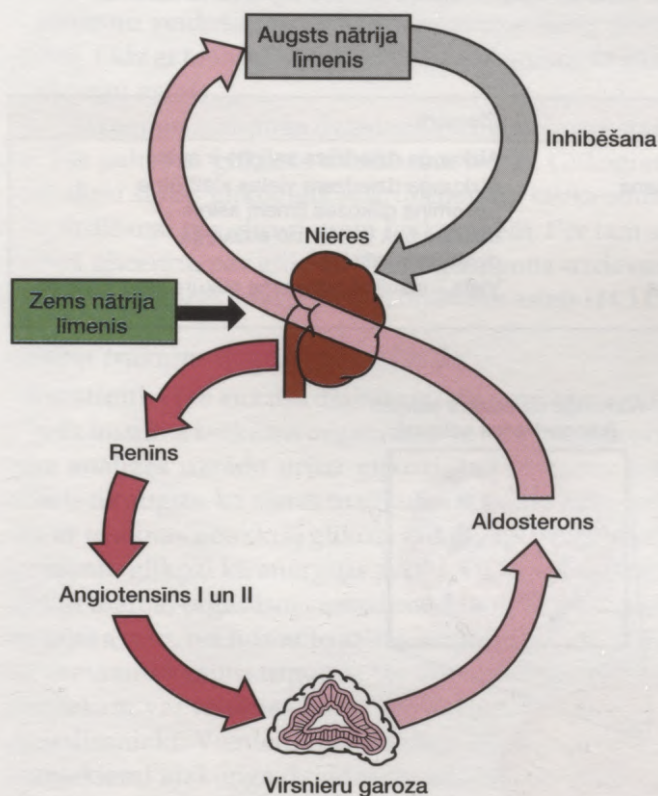
Virsnieru garozā izdala divas galvenās hormonu grupas: **glikokortikoīdus**, kas palīdz regulēt glikozes līmeni asinīs, un **mineralokortikoīdus**, kas palīdz regulēt sāļu līmeni asinīs. Virsnieru garozā izdala abu dzimumu pārstāvjiem (gan sievietēm, gan vīriešiem) nelielos daudzumos arī vīrišķos un sievišķos dzimumhormonus (14.8. att.).

Kortizols ir glikokortikoīds, kas atbild par paaugstinātu aktivitāti. Kortizols ierosina muskuļu proteīnu hidrolīzi līdz aminoskābēm, kas nonāk asinīs. Kad aknas pārvērš šīs aminoskābes par glikozi, asinīs palielinās glikozes līmenis. Kortizols ietekmē taukskābes pat vairāk nekā ogļhidrātus. Tādēļ pretēji insulinam kortizols palielina glikozes līmeni asinīs. Kortizols palīdz novērst iekaisuma reakcijas, kuru rezultātā rodas sāpes un pietūkst locītavas. Šie simptomi novērojami artrīta un bursīta gadījumā.

Aldosterons ir nozīmīgākais mineralokortikoīds. Aldosterons vispirms iedarbojas uz nierēm. Nierēs tas veicina nātrija jonu (Na^+) absorbciju un kālija jonu (K^+) ekskrēciju tajās. Mineralokortikoīdu sekrēciju nekontrolē hipofīzes priekšējā daļa. Kad nātrija līmenis asinīs un līdz ar to arī asiņu tilpums ir neliels, nierēs izdala **renīnu** (14.9. att.). Tas ir enzīms, kas plazmas proteīnu angiotensinogēnu pārvērš par angiotensīnu I. Tas plaušās esošā enzīma ietekmē pārvēršas par angiotensīnu II, kas veicina aldosterona izdalīšanos no virsnieru garozas. Šī sistēma, ko sauc par renīna–angiotensīna–aldosterona sistēmu, asiņu tilpumu un spiedienu palielina divējādi. Pirmkārt, angiotensīns II sašaurina arteriolas, otrkārt, aldosterons izraisa nātrija reabsorbciju

nierēs. Tad asinīs palielinās nātrija daudzums, ūdens tiek reabsorbēts, tiek saglabāts normāls asinsspiediens un asiņu tilpums.

Divi pārējie hormoni piedalās asiņu tilpuma homeostāzes nodrošināšanā. Jau tika aplūkots, kā antidiurētiskais hormons palīdz palielināt asiņu tilpumu, radot ūdens reabsorbciju nierēs. Kad sirds priekškambari izstiepjās, palielināta asiņu tilpuma dēļ sirds šūnas izdala hormonu, ko sauc par priekškambaru nātrija urētisko hormonu. Šis hormons kavē renīna sekrēciju nierēs un aldosterona sekrēciju virsnieru garozā. Līdz ar to notiek nātrija ekskrecija jeb nātrija urēze. Kad tiek izvadīts nātrijs, kopā ar to tiek izvadīts arī ūdens, tāpēc asiņu tilpums un asinsspiediens samazinās.



14.9. attēls. Renīna–angiotensīna–aldosterona homeostātiskā sistēma

Ja asinīs ir zema nātrija jonu koncentrācija, nierēs izdala renīnu. Renīna daudzuma palielināšanās rada angiotensīna I un angiotensīna II veidošanos, kas stimulē aldosterona sekrēciju. Aldosterons veicina nātrija reabsorbciju nierēs. Kad nātrija daudzums palielinās, nierēs pārtrauc izdalīt renīnu.

Virsnieru garozas darbības traucējumi

Ja virsnieru garozas pārmērīgi mazās sekrēcijas (hiposekrēcijas) dēļ cilvēka asinīs ir maz hormonu, viņam ir **Adisona slimība**. Cilvēkiem, kuri slimo ar Adisona slimību, āda ir bronzas krāsā (14.10. att.). Tas ir tāpēc, ka kortizola trūkums rada strauju glikozes līmeņa pazemināšanos asinīs. Enerģijas apgādes nepietiekamības dēļ cilvēks ir jutīgs pret jebkura veida stresu. Pat neliela infekcija var izraisīt nāvi. Slimnieka asinīs ir zems nātrija līmenis, jo trūkst aldosterona, tāpēc viņam ir zems asinsspiediens un notiek organisma atūdeņošanās. Ja Adisona slimību neārstē, var iestāties nāve.

Ja cilvēkam ir virsnieru garozas hipersekrēcija (Kašinga sindroms), liekais kortizols var veicināt cukurslimības rašanos, samazinātu muskuļu proteīnu daudzumu un pastiprinātu zemādas tauku uzkrāšanos. Šiem cilvēkiem parasti ir resns rumpis, bet rokas un kājas paliek normālas. Pateicoties augstajam nātrija līmenim asinīs, tās ir bāziskas (pH ir lielāks par normu). Cilvēkam ir paaugstināts asinsspiediens. Sievietes var sākt līdzināties vīriešiem, jo virsnieres pastiprināti izdala vīrišķos dzimumhormonus.

Ja virsnieru garoza funkcionē pavājināti, rodas Adisona slimība, bet, ja virsnieru garozas darbība ir pastiprināta, rodas Kašinga sindroms.



14.10. attēls. Adisona slimība

Cilvēkam, kam ir šī slimība, raksturīga neparasta bronzas krāsas āda. Attēlā redzama vesela un slimā cilvēka roka.

Uzziniet tuvāk

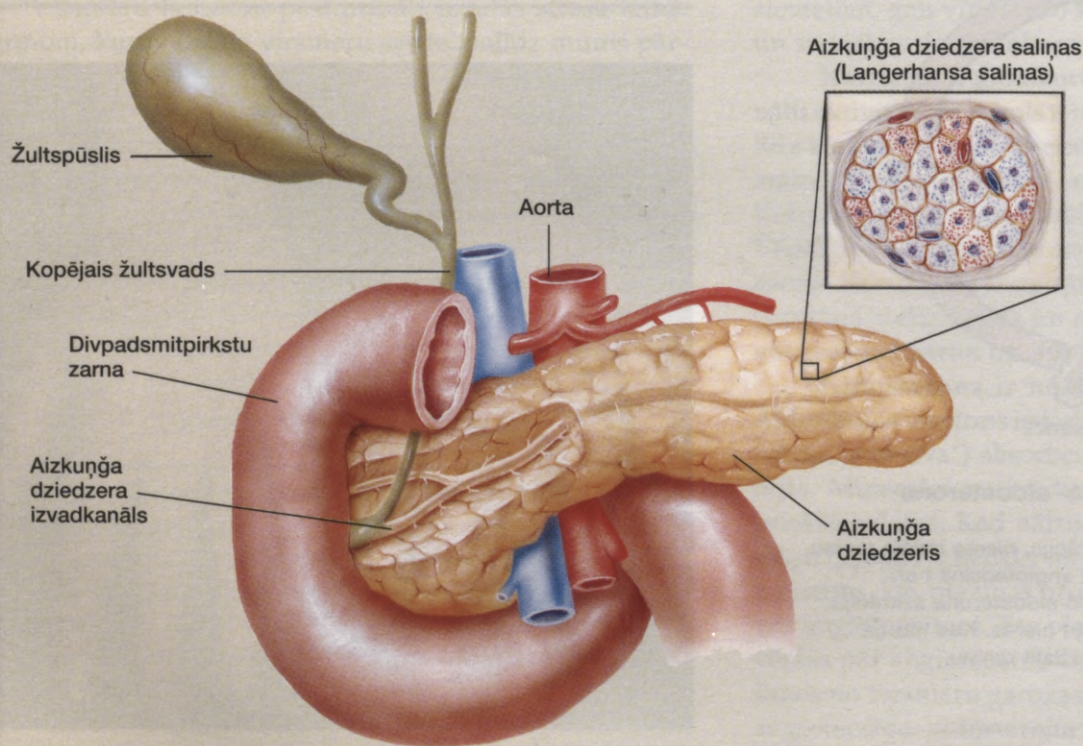
► Insulīna izolēšana

Aizkuņģa dziedzeris ir gan ārējās, gan iekšējās sekrēcijas dziedzeris. Tas izdala divpadsmitpirkstu zarnā gremošanas sulas un hormonus – insulīnu un glikagonu asinīs. Kanādiešu fiziologs Fredriks Bantings 1920. gadā nolēma izolēt insulīnu. Iepriekšējo pētnieku mēģinājumi veikt šo uzdevumu cieta neveiksmi, jo gremošanas sulas noārdīja insulīnu (proteīns) izolēšanas laikā. F. Bantingam ienāca prātā ideja nosiet aizkuņģa dziedzera vadu. Viņš bija studējis citu pētnieku darbus un zināja, ka šāda

rīcība radīs to šūnu deģenerāciju, kas izdala gremošanas sulas, bet neietekmēs aizkuņģa dziedzera saliņas (Langerhansa saliņas), kas izdala insulīnu. Angļu fiziologs Džons Maklauds ļāva viņam izmantot šiem pētījumiem Toronto Universitātes laboratoriju, piedāvājot iespēju strādāt kopā ar Čārlzu Bestu. F. Bantingam un Č. Bestam bija ierobežoti naudas līdzekļi, laboratorijā viņi visu vasaru gan strādāja, gan gulēja un ēda. Vasaras beigās bija iegūts aizkuņģa dziedzera ekstrakts, kas ar cukurslimību

slimiem suņiem pazemināja glikozes līmeni asinīs. Tad Dž. Maklauds iesaistīja darbā bioķīmiķus, kuri attīrīja ekstraktu. 1922. gadā insulīna terapiju saņēma cilvēks. Sākās plaša insulīna ieguve no cūkām un liellopiem. F. Bantings un Dž. Maklauds par šo veikumu 1923. gadā saņēma Nobela prēmiju. 1953. gadā insulīna molekulā tika noskaidrota aminoskābju secība. Mūsdienās insulīnu sintezē, izmantojot DNS rekombinācijas. F. Bantinga un Č. Besta pētījumi veicināja ķīmisko zīņešu atklāšanu.

Solis	Piemērs
Vielas avota noskaidrošana	Aizkuņģa dziedzera saliņas ir avots
Vielas iedarbības noskaidrošana	Aizkuņģa dziedzera vielas klātbūtne pazemina glikozes līmeni asinīs
Vielas izolēšana	Insulīns tiek izolēts no aizkuņģa dziedzera sekrēta
Pierādīšana, ka tīra viela rada nepieciešamo efektu	Viela – insulīns pazemina cukura līmeni asinīs



14.A. attēls. Aizkuņģa dziedzeris

Divi aizkuņģa dziedzera izdalītie hormoni

Aizkuņģa dziedzeri veido divējādi audi. Audi, kas veic ārējo sekrēciju, ražo un izdala gremošanas sulas, kuras pa izvadkanālu nonāk tievajā zarnā. Audus, kas nodrošina iekšējo sekrēciju jeb endokrīno funkciju, sauc par aizkuņģa dziedzera saliņām jeb Langerhansa saliņām. Tās tieši asinīs izdala **insulīnu un glikagonu**.

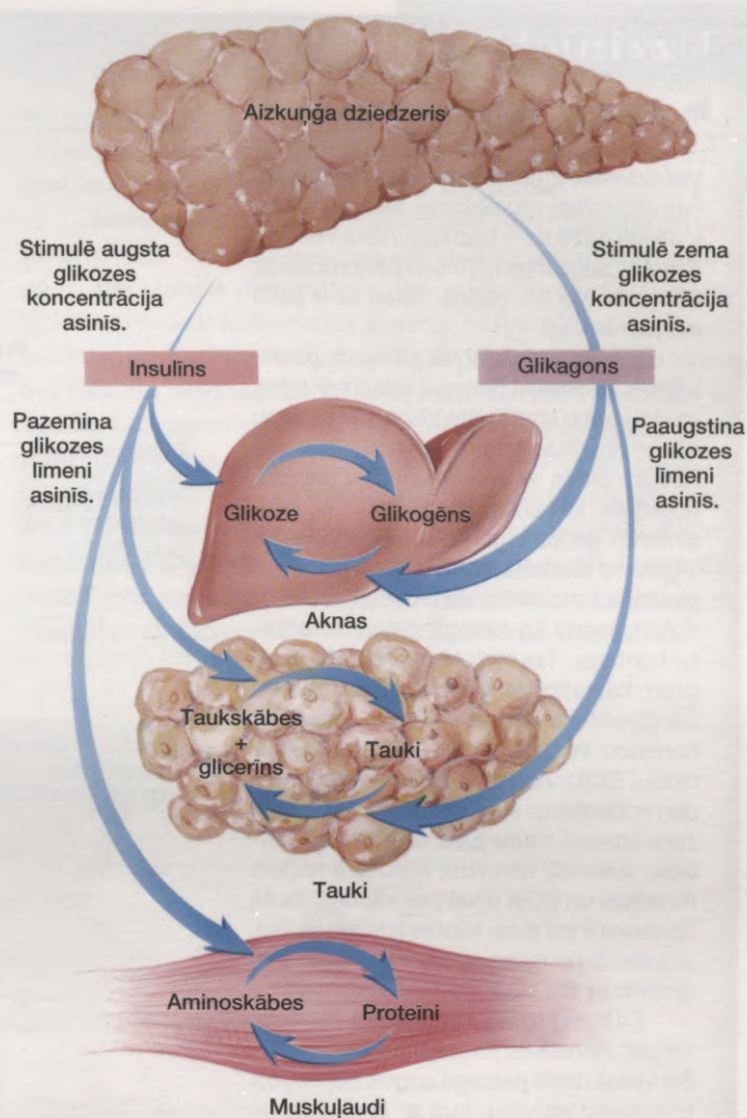
Visas cilvēka organisma šūnas kā enerģijas avotu izmanto glikozi. Lai cilvēks būtu vesels, nepieciešams, lai glikozes koncentrācija asinīs būtu noteiktās robežās. Insulīns tiek izdalīts pēc ēšanas, jo tad parasti ir augsts glikozes līmenis asinīs. Insulīns veic trīs darbības: 1) stimulē glikozes uzņemšanu un izmantošanu aknās, tauku un muskuļu šūnās, kā arī visās pārējās šūnās; 2) stimulē glikozes uzkrāšanu glikogēna veidā aknās un muskuļu šūnās; 3) veicina tauku un proteīnu veidošanos un kavē to izmantošanu enerģijas ieguvei. Līdz ar to insulīns ir hormons, kas samazina glikozes daudzumu asinīs.

Glikagonu aizkuņģa dziedzeris izdala ēšanas starplaiķos. Tas palielina glikozes daudzumu asinīs. Glikagons stimulē aknu šūnas glikogēna noārdīšanai un taukaudus tauku noārdīšanai par glicerīnu un taukskābēm. Pēc tam aknas pārvērš glicerīnu par glikozi. Tātad glikagona uzdevums ir nodrošināt glikozes līmeņa paaugstināšanos asinīs (14.11. att.).

Insulīna trūkums izraisa cukurslimību

Cukurslimība jeb cukura diabēts ir labi pazīstama slimība, ko rada insulīna trūkums organismā. Ja laboratorijā veiktās urīna analīzes uzrāda urīnā glikozi, tad glikozes līmenis asinīs ir tik augsts, ka nieres to sākušas izvadīt no organisma. Līdz ar to aknas neuzkrāj glikozi glikogēna veidā un šūnas neizmanto glikozi kā enerģijas avotu. Tā kā ir traucēta oglehidrātu maiņa, organisms izmanto taukus un proteīnus kā enerģijas avotu, bet līdz ar to asinīs veidojas ketoni. Tā rezultātā samazinās asiņu tilpums, tās kļūst skābas, bet cukurslimniekam var iestāties koma vai pat nāve. Ir divu veidu cukurslimnieki. Vieniem (no insulīna atkarīgajiem cukurslimniekiem) aizkuņģa dziedzeris neizdala insulīnu. Šādu stāvokli var radīt vīrusu infekcija, kuras rezultātā T-galējšūnas noārda aizkuņģa dziedzera saliņas. Šiem cilvēkiem katru dienu ir jāsaņem insulīna injekcijas. Insulīna pārdozēšana vai neregulāra lietošana var radīt hipoglikēmijas simptomus (pazeminātu glikozes daudzumu asinīs). Var iestāties nesamaņa, jo galvas smadzenēm ir nepieciešams noteikts glikozes daudzums. Palīdzība ir ļoti vienkārša – slimniekam ir nekavējoties jāsaņem cukurs, piemēram, cukura graudiņš vai sula, kas ātri novērš hipoglikēmiju.

Otra veida cukurslimnieku ir vairāk. Ar šo cukurslimības formu, kas nav no insulīna atkarīga, parasti saslimst jebkura vecuma cilvēki, kas ir pārmērīgi tukli un mazkustīgi. Šajā gadījumā aizkuņģa dziedzeris izdala insulīnu, bet šūnas uz to nereaģē. Šo cukurslimības formu nevar ārstēt, tāpēc sekas var būt daudz nopietnākas nekā pirmajā gadījumā. Diabētiķiem ir tieksme uz aklumu, nieru slimībām, asinsrites traucējumiem, ieskaitot trieku.



14.11. attēls. Insulīna un glikagona homeostātiskā sistēma

Kad asinīs ir liela glikozes koncentrācija, aizkuņģa dziedzeris izdala insulīnu. Tas veicina glikozes pārvēršanos par glikogēnu, kā arī proteīnu un tauku sintēzi, lai novērstu tās izmantošanu enerģijas ieguvei. Tādēļ insulīns pazemina glikozes daudzumu asinīs. Ja glikozes asinīs ir maz, aizkuņģa dziedzeris izdala glikagonu. Tā iedarbība ir pretēja insulīna iedarbībai un ietekmē galvenokārt aknas.

Grūtniecības laikā pastāv lielāks risks nonākt hipoglikēmiskā komā. Iespējams arī, ka cukurslimnieces bērns var piedzimt nedzīvs vai nomirt neilgi pēc dzemdībām. Tāpēc ir jācenšas izvairīties no saslimšanas ar otro cukurslimības formu. Labākais līdzeklis ir uzturs, kurā ir maz tauku, un regulāri fiziskie vingrinājumi. Ja tas nelīdz, ir zāles, kas palielina šūnu jutību pret insulīnu un veicina insulīna izdalīšanos no aizkuņģa dziedzera.

Cukurslimību jeb cukura diabētu rada insulīna trūkums vai arī šūnu nejutība pret insulīnu. Šis hormons pazemina glikozes līmeni asinīs, veicinot tās uzņemšanu šūnās un pārvēršot glikozi glikogēnā, kas uzkrājas aknās.

Uzziniet tuvāk

► Kukaiņu augšanas hormoni

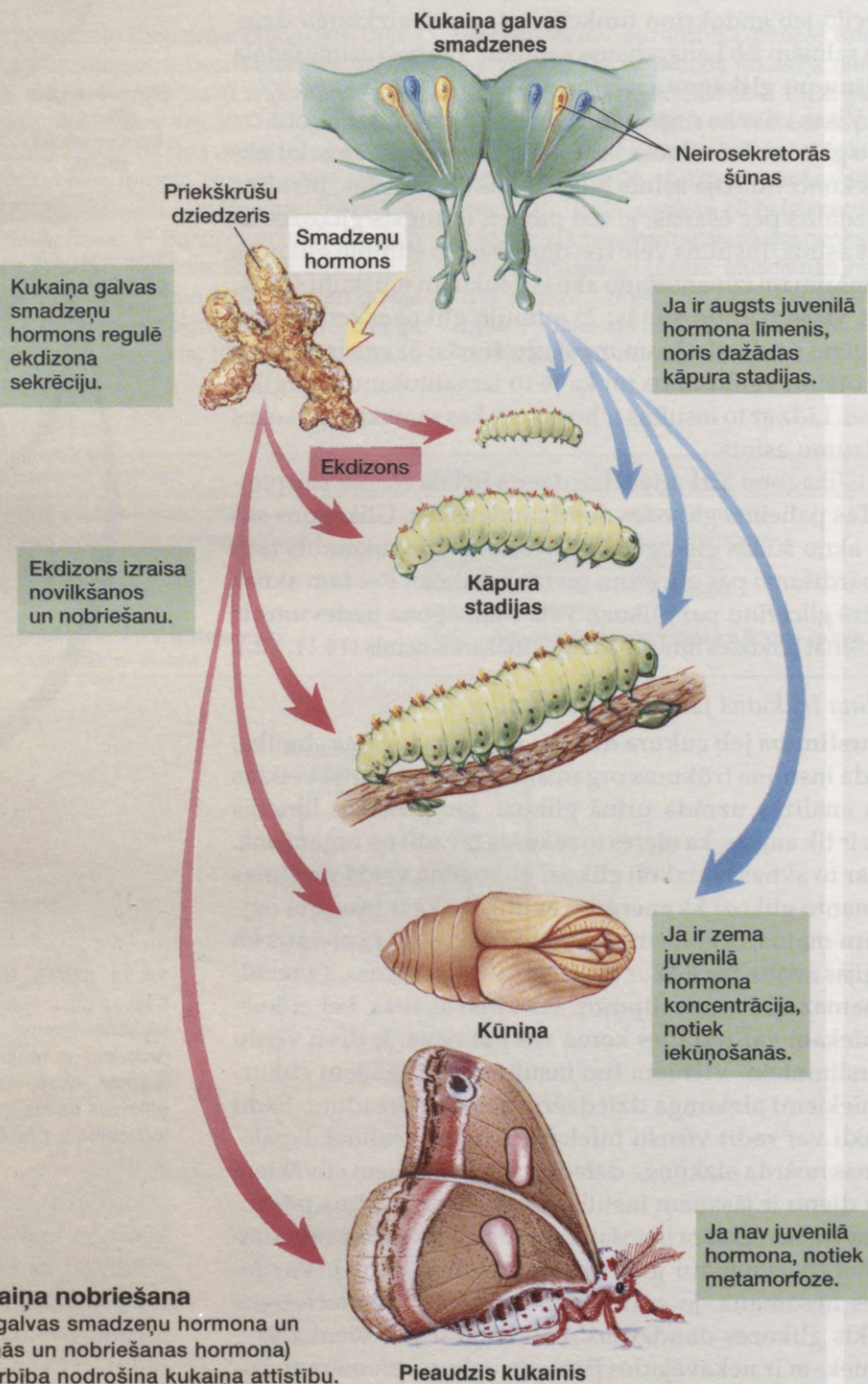
Visi dzīvnieki izmanto ķīmiskos ziņnešus šūnas aktivitātes regulēšanai. Mūsdienās tie ir atklāti dažādiem bezmugurkaulniekiem. Kukaiņu augšanas hormonu pētījumi sākās 20. gadsimta 30. gados. Tātad tie ir pētīti jau samērā ilgi.

Kukaiņiem, tāpat kā pārējiem posmkājiem, periodiski jānomet ārējais skelets, lai viņi varētu augt lielāki. Visbiežāk kukaiņu kāpuri novelkas (maina ārējo skeletu) vairākkārt, pirms iekūņojas un kļūst par pieaugušiem kukaiņiem (14.B. att.). 20. gadsimta 30. gados angļu entomologs Vinsents Viglsvērts pierādīja, ka kukaiņu smadzenes piedalās to nobriešanas procesā, jo tās izdala hormonu, ko sauc par galvas smadzeņu hormonu. Tas stimulē priekškrūšu dziedzeri, kas atrodas krūtīs tūdaļ aiz galvas. Šis dziedzeris izdala ekdizonu – steroīdo hormonu, ko sauc arī par novilkšanās hormonu. Ekdizons veicina gan novilkšanos, gan nobriešanu. Kāpura stadiju laikā ekdizona ietekmi maina juvenilā hormona darbība. Juvenilā hormona klātbūtnē kāpurs novelkas un kļūst atkal par kāpuru. Ja šā hormona ir ļoti maz, kāpurs iekūņojas, bet, ja juvenilā hormona vispār nav, notiek metamorfoze par pieaugušu kukaini.

Daži augi izdala vielas, kuras ir līdzīgas vai pat identiskas juvenilajam hormonam. Šīs vielas daļēji pasargā augus, pārtraucot to kukaiņu attīstību, kuri ar šiem augiem barojas. Tiek meklēta iespēja šīs vielas izdalīt un izmantot kā insekticīdus.

14.B. attēls. Kukaiņa nobriešana

Juvenilā hormona, galvas smadzeņu hormona un ekdizona (novilkšanās un nobriešanas hormona) savstarpējā mijiedarbība nodrošina kukaiņa attīstību.



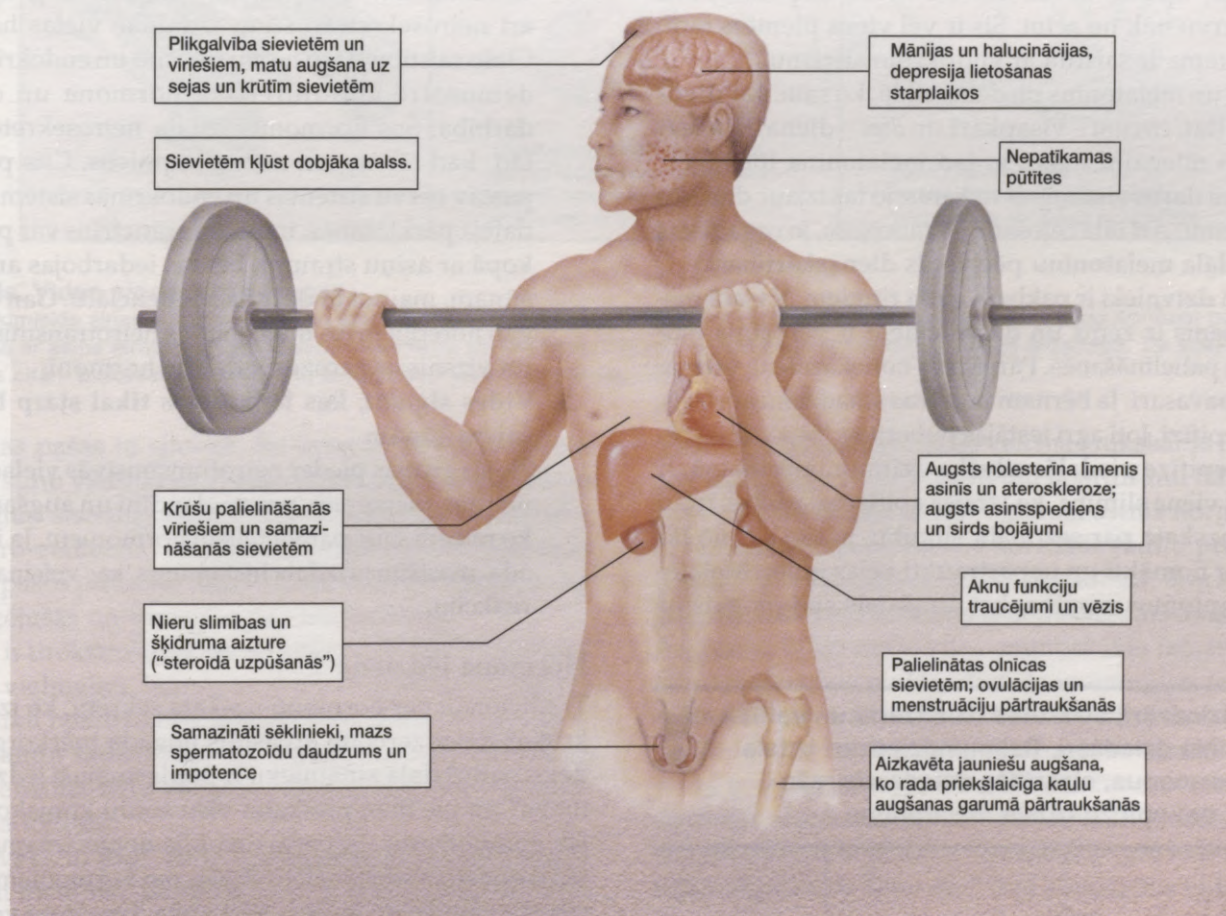
Vīriešu sēklinieki un sievietes olnīcas

Sēklinieki ir vīriešu, bet olnīcas – sievietes dzimumdziedzeri jeb gonādas. Sēklinieki atrodas sēklinieku maisiņā, bet olnīcas – iegurņa dobumā. Sēklinieki izdala **androgēnus** (gr. *andros* – vīrietis un lat. *genitus* – veidojošs), piemēram, testosteronu, kas ir vīrišķais dzimumhormons. Olnīcās veidojas estrogēns un progesterons – sievišķie dzimumhormoni.

Pubertāte ir cilvēka dzīves periods, kura laikā nobriest dzimumorgāni un parādās sekundārās dzimumzīmes. Testosterona izdalīšanās pubertātes laikā veicina sēklinieku un pārējo dzimumorgānu nobriešanu, kā arī rada sekundārās dzimumzīmes – bārdas augšanu, matu veidošanos padusēs un kaunuma apvidū. Tas veicina arī balsenes un balss saišu palielināšanos, radot balss pārmaiņas. Testosterons lielā mērā ietekmē dzimumtieksmi un, iespējams, pat rada vīriešu agresivitāti. Tas veicina vīriešu muskuļu spēka attīstību. Tādēļ daži sportisti uzņem anaboliskos steroidus (testosteronu vai tam līdzīgas vielas). Anabolisko steroidu

lietošanas kontrindikācijas ir uzskaitītas 14.12. attēlā. Testosterons ietekmē arī pūtišu veidošanos, ķermeņa smaržu un pat plikgalvību. Lai gan plikgalvības gēnu manto abi dzimumi, tā daudz biežāk ir sastopama vīriešiem. To veicina gan iedzimtība, gan testosterona klātbūtne.

Sievišķajiem dzimumhormoniem – estrogēnam un progesteronam – ir daudzveidīga ietekme uz organismu. Estrogēns, kas izdalās pubertātes laikā, stimulē olnīcu un pārējo dzimumorgānu nobriešanu. Estrogēns (gr. *oistros* – seksuālā kvēle un lat. *genitus* – veidošana) ir nepieciešams oocītu attīstībai (olšūnu veidošanai) un lielā mērā ietekmē sievišķās sekundārās dzimumzīmes. Tas ir atbildīgs par ķermeņa matu augšanu un tauku sadalījumu. Kopumā sievietēm ir apaļāka ķermeņa forma nekā vīriešiem, jo viņām vairāk uzkrājas zemādas tauki. Sievietēm palielinās iegurnis, kas nodrošina bērna piedzimšanu. Gan estrogēns, gan progesterons ietekmē krūšu dziedzeru attīstību un regulē menstruālo ciklu (asiņu un dzemdes gļotādas ikmēneša izdalīšanos no dzemdes).



14.12. attēls. Anabolisko steroidu iedarbība

Aizkrūtes dziedera aktivitāte

Aizkrūtes dziedzeris sastāv no daivām un atrodas krūšu dobuma augšējā daļā (sk. 14.3. att.). Šis orgāns bērnībā ir vislielākais un aktīvākais. Cilvēkam augot, dziedzeris kļūst arvien mazāks un pārvēršas par taukaudiem. Noteikta veida leikocīti, kas veidojas sarkanajās kaula smadzenēs, pēc tam nonāk aizkrūtes dziedzerī un kļūst par T-šūnām. Aizkrūtes dziedzeris izdala dažādus hormonus, kurus sauc par timozīniem. Tie izraisa T-šūnu diferencēšanos un stimulē imūnsūnas kopumā. Pastāv cerība, ka šos hormonus varēs lietot kopā ar limfokīnu terapiju, lai atjaunotu vai veicinātu T-šūnu darbību cilvēkiem, kas slimo ar AIDS un vēzi.

Epifīze un diennakts/gada ritmi

Epifīze veido hormonu, ko sauc par melatonīnu. Tas notiek galvenokārt naktī. Zivīm un abiniekiem epifīze atrodas tuvu ķermeņa virsmai un kalpo kā "trešā acs", kas uztver gaismas viļņus. Zidītājiem epifīze atrodas galvas smadzeņu trešajā vēderīnā (ventrikulā) un nespēj tieši uztvert gaismas viļņus (sk. 14.3. att.). Epifīze nevar uztvert nervu impulsus, kas pa redzes nervu nāk no acīm. Šis ir vēl viens piemērs tam, kā nervu sistēma ir saistīta ar endokrīno sistēmu.

Epifīze un melatonīns piedalās ciklā, ko sauc par **diennakts ritmu** (lat. *circum* – visapkārt un *dies* – diena). Parasti mēs kļūstam miegaini naktī, jo tad melatonīna līmenis ir augsts. Maiņu darbs vienmēr ir riskants, jo tas izjauc dabisko diennakts ritmu. Arī tāla ceļošana ir traucējoša, jo organisms joprojām izdala melatonīnu pēc vecās dienaskārtības.

Daudzi dzīvnieki ir pakļauti gada ritmiem. Vasarā melatonīna līmenis ir zems un dzīvniekiem ir vērojama dzimumorgānu palielināšanās. Pārošanās notiek rudenī, un mažu dzimst pavasarī. Ja bērnam ir galvas smadzeņu audzējs, kas noārda epifīzi, ļoti agri iestājas pubertāte. Tāpēc ir iespējams, ka arī epifīze piedalās cilvēka dzimumnobriešanā. Ir novērota vēl viena slimība, ko izraisa epifīzes darbības traucējumi. To uzskata par sezonālu slimību, jo tie, kas no tās cieš, ziemā ir nomākti un nepārtraukti vēlas gulēt. Melatonīns šos simptomus mazina, bet atrašanās spilgtā gaismā tos veicina.

Dzimumdziedzeri, aizkrūtes dziedzeris un epifīze arī ir endokrīnie dziedzeri. Dzimumdziedzeri izdala dzimumhormonus, aizkrūtes dziedzeris ražo timozīnu, bet epifīze izdala melatonīnu.

14.3. Vides signāli

Šajā nodaļā tika aplūkotas cilvēka iekšējās sekrēcijas dziedzeru un to izdalīto hormonu funkcijas. Tika paskaidrots, ka hormoni nav vienīgie ķīmiskie ziņneši jeb vides signāli starp

šūnām. Priekšstats par vides signāliem tagad ir paplašinājies; tos iedala vismaz trīs ziņnešu grupās (14.13. att.).

1. Vides signāli, kas iedarbojas starp indivīdiem no attāluma

Daudzi organismi gaisā vai arī ar šķidrumiem, kurus izvada no organisma, izdala vielas, ko sauc par feromoniem. Tās kalpo par ziņnešiem citiem sugas indivīdiem. Skudras izdala feromonus, lai norādītu pārējām skudrām, kur ir barība. Zidtauriņa mātīte izdala feromonu bombikolu, kas ir dzimumatraktants tēviņiem. Zidtauriņu tēviņi ar saviem taustekļiem uztver šo vielu pat no vairāku kilometru attāluma. Šī viela ir tik spēcīga, ka nepieciešami tikai 40–40 000 aktīvi tēviņa taustekļu receptori, lai viņš uz to reaģētu. Arī zidītāji izdala feromonus. Piemēram, sunim urīns kalpo teritorijas iezīmēšanai. Tiek pētīts, vai cilvēkam arī ir feromoni.

2. Vides signāli, kas darbojas organismā

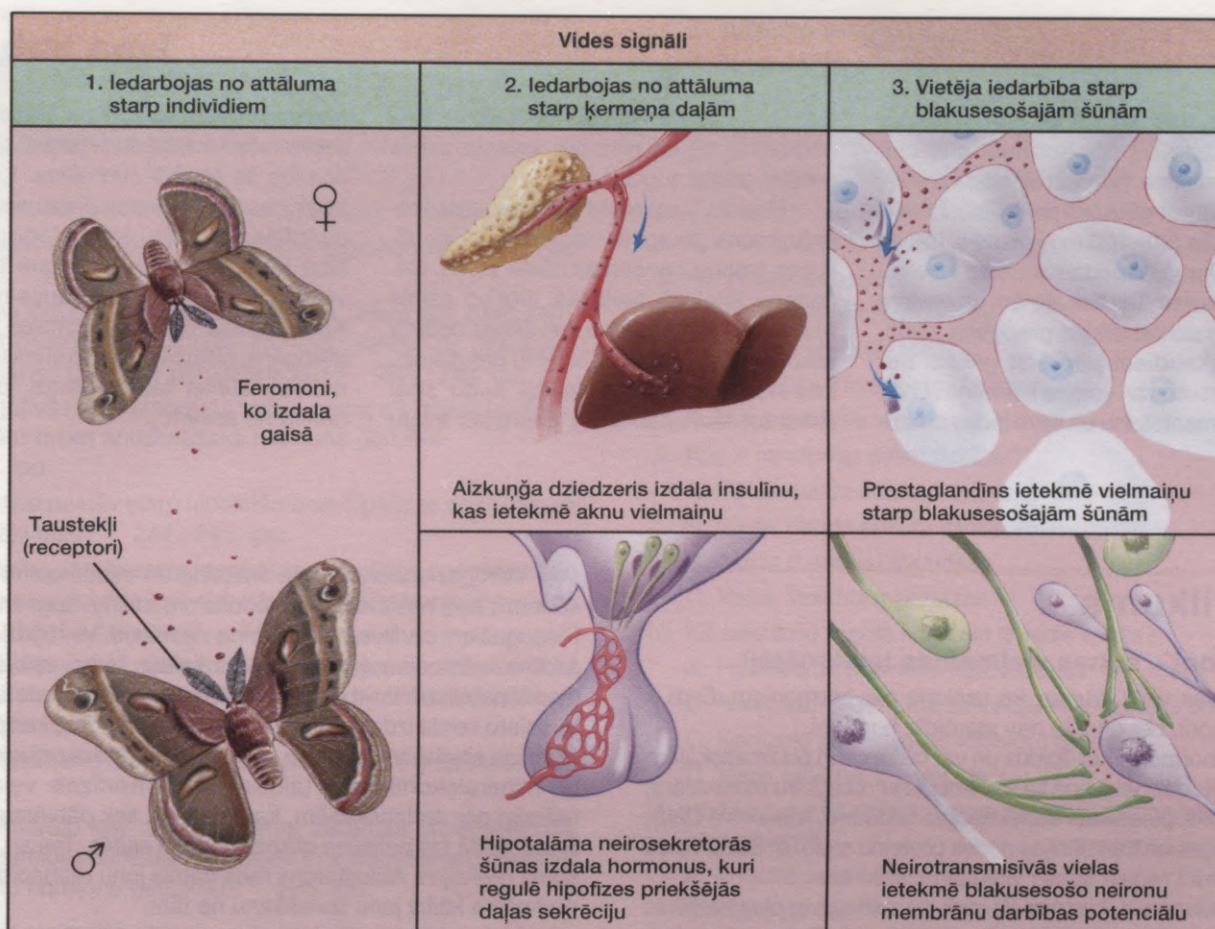
Šie signāli ir endokrīno dziedzeru sekrēti, un tos tradicionāli sauc par hormoniem. Pie šīs grupas pieder arī neurosekretoro šūnu izdalītās vielas hipotalāmā. Ciešo saistību starp nervu sistēmu un endokrīno sistēmu demonstrē antidiurētiskā hormona un oksitocīna darbība. Šos hormonus izdala neurosekretorās šūnas tad, kad tās saņem nervu impulsus. Cits piemērs, ka pastāv nervu sistēmas un endokrīnās sistēmas funkciju daļēja pārklāšanās, ir tas, ka epinefrīns var pārvietoties kopā ar asiņu straumi, bet tas iedarbojas arī uz nervu šūnām, mainot to darbības potenciālu. Gan epinefrīns, gan norepinefrīns ir vienlaikus neurotransmisīvās vielas un virsnieru garozas izdalītie hormoni.

3. Vides signāli, kas iedarbojas tikai starp blakusesošajām šūnām

Pie šīs grupas pieder neurotransmisīvās vielas, ko izdala neironi, piemēram, prostaglandīni un augšanas faktori, ko reizēm sauc par vietējiem hormoniem. Ja ir ievainota āda, mastšūnas izdala histamīnus, kas veicina iekaisuma reakciju.

Hormona jēdziens

Tradicionāli par hormonu uzskata sekrētu, ko izdala endokrīnais dziedzeris un ko asinis nogādā mērķorgānam. Pēdējos gados daļa zinātnieku ir paplašinājuši jēdzienu "hormons" un pie tiem pieskaita visu veidu ķīmiskos ziņnešus jeb mesendžerus. Šī pārmaiņa bija nepieciešama tāpēc, ka tās vielas, ko tradicionāli uzskatīja par hormoniem, ir atrastas cilvēka visu veidu audos. Aizkuņģa dziedera veidotais insulīns nevar nonākt galvas smadzenēs, jo pastāv barjera – cieši saistītas endotēlija šūnas kapilāru sienās, kas nelaiz cauri lielas molekulas, piemēram, peptīdus. Tā kā insulīns tomēr atrodams galvas smadzenēs, izrādās, ka galvas sma-



14.13. attēls. Vides signālu trīs grupas

Feromoni ir ķīmiskie ziņneši, kas iedarbojas starp indivīdiem no attāluma. Endokrīnie hormoni un neurosekretoro šūnu hormoni parasti tiek pārnesti kopā ar asins straumi un iedarbojas organismā no attāluma. Dažiem ķīmiskajiem ziņnešiem ir vietēja iedarbība. Tie spēj nonākt no vienas šūnas citā – blakusesošā šūnā. Pie tām pieder neurotransmisīvās vielas.

dzeņu šūnas pašas to sintezē. Šis insulīns ietekmē galvas smadzeņu šūnu vielmaiņu. Dažas vielas, kas ir tādas pašas kā endokrīnās sistēmas hormoni, ir atrastas pat baktērijās. To izskaidro evolūcija. Iespējams, ka šīs regulētājas vielas ir bijušas jau pašos pirmajos organismos, tikai evolūcijas gaitā ir specializējušās un kļuvušas par hormoniem.

Kāda ir tiroksīna ietekme uz glikozes līmeni? Tiroksīns pastiprina vielmaiņu, līdz ar to veicinot glikozes izmantošanu un tauku noārdīšanos. Ja kādā šūnā sāk trūkt glikozes, tā var izmantot taukskābes kā enerģijas avotu. Tiroksīns šūnās arī ierosina tādu proteīnu sintēzi, kuri var noderēt, ja notiek badošanās.

Ja cilvēks uzņem barību, kas satur daudz proteīnu, izdalās gan insulīns, gan glikagons. Kāpēc? Ja asinīs būtu tikai insulīns, glikozes līmenis nokristos pārāk zemu. Glikagons to novērš. Arī aminoskābes var izmantot kā enerģijas avotu, tikai aknām vispirms tās ir jāpārvērš par glikozi. Ilgstošas badošanās laikā organisms noārda proteīnus un aknas pārvērš aminoskābes glikozē, uzturot normālu glikozes līmeni asinīs. Skeleta muskuļi ir pirmie, kas izmanto aminoskābes, bet sirds tās taupa rezervei, līdz muskuļi ir izsīkuši.

Virsnieru garozas kortizols veicina taukskābju izmantošanu par enerģijas avotu un proteīnu noārdīšanu līdz aminoskābēm. Arī tas palīdz uzturēt glikozi asinīs normas robežās. Augšanas hormons novērš kortizola radīto proteīnu noārdīšanu. Ja organisms aug, bet nebadojas, tam attīstās muskuļi, un sintēzes reakcijām ir nepieciešams daudz enerģijas. Augšanas hormons veicina aminoskābju izmantošanu proteīnu sintēzei un tauku izlietošanu enerģijas ieguvei. Augšanas hormons arī sekmē glikozes uzkrāšanu un uztur tās nepieciešamo līmeni smadzeņu funkcionēšanai. Vairāki hormoni ir iesaistīti normāla glikozes līmeņa uzturēšanā pat ilgstošas badošanās laikā. Šis ir viens no piemēriem, kā hormoni kalpo cits cita līdzsvarošanai un pārbaudei, radot cilvēku orgānu un šūnu darbībai piemērotu vidi.

Ir tādi ķīmiskie ziņneši, kas iedarbojas starp indivīdiem no attāluma, starp atsevišķām ķermeņa daļām vai starp blakusesošām šūnām. Iespējams, ka visu veidu vides signālus var uzskatīt par hormoniem.

Pārskats

Hormoni ir cieši saistīti ar homeostāzes nodrošināšanu. Daži hormoni cits cita darbību pastiprina, bet daži darbojas pretēji, tādējādi uzturot glikozes līmeni asinīs normas robežās (90–100 mg glikozes/100 ml asiņu). Aizkuņģa dziedzeris izdala insulīnu tūlīt pēc ēšanas. Tas liek aknām un skeleta muskuļiem uzkrāt glikozi glikogēna veidā, kā arī taukaudiem pārvērst glikozi par taukiem. Insulīns arī veicina ķermeņa šūnās glikozes izmantošanu un kavē tauku izman-

tošanu enerģijas ieguvei. Tādējādi insulīns nodrošina to, ka glikozes līmenis asinīs nekļūst pārāk augsts.

Ēšanas starplaikos aizkuņģa dziedzera hormons glikagons nodrošina to, ka glikozes līmenis nenokrītas pārāk zemu. Glikagona ietekmē taukaudi atbrīvo asinīs taukskābes un glicerīnu, bet aknas noārda glikogēnu un pārvērš glicerīnu par glikozi, kas nonāk asinīs. Vairums audu spēj izmantot taukskābes kā enerģijas avotu

glikozes vietā, bet galvas smadzenēm ir nepieciešama apgāde ar glikozi. Glikagona darbība šo apgādi nodrošina. Katru reizi, kad rodas trauksmes situācija, virsnieru serde izdala epinefrīnu, kam ir tāda pati iedarbība kā glikagonam. Bez tam epinefrīns veicina glikogēna noārdīšanos muskuļos. Kad noārdās skeleta muskuļos uzkrātais glikogēns, glikoze paliek to šūnās. Tādējādi muskuļu šūnas "taupa" glikozi, jo tā netiek ņemta no asinīm.

Kopsavilkums

14.1. Hormoni – šūnas vielmaiņas ietekmētāji

Ir divas galvenās vielu grupas, ko uzskata par hormoniem. Daži ir steroīdie hormoni, bet pārējie nav steroīdie hormoni.

Steroīdie hormoni šķīst lipīdos un var izkļūt cauri plazmatiskajām membrānām. Kodolu iekšienē tie savienojas ar receptoru molekulām, un šādi kompleksi piesaistās transkripcijas faktoram, kas aktivē DNS. Pēc transkripcijas un translācijas notiek proteīnu sintēze. Šādā veidā steroīdie hormoni regulē šūnas vielmaiņu.

Pārējos hormonus, kas nav steroīdi, parasti uztver plazmatiskās membrānas receptori. Visbiežāk tā rezultātā aktivējas enzīms, kas pārvērš ATP par cAMP. Cikliskais adenozinmonofosfāts savukārt aktivē citu enzīmu, tas – vēl citu utt.

14.2. Cilvēka endokrīnā sistēma

Cilvēka endokrīnie dziedzeri ir parādīti 14.3. attēlā. Tie veido hormonus, kuri nonāk asins plūsmā un riņķo organismā tik ilgi, līdz sasniedz mērķa orgānus.

Hipotalāma neirosekretorās šūnas veido anti-diurētisko hormonu un oksitocīnu, kas uzkrājas aksonu galos, kuri atrodas hipofīzes aizmugurējā daļā, līdz tiek no tās izdalīti. Hipotalāms veido divus hormonus, kuri ar vārtu sistēmas palīdzību plūst cauri hipofīzes priekšējai daļai. Viens no tiem veicina hipofīzes darbību, bet otrs to kavē.

Hipofīzes priekšējā daļa veido vismaz sešus hormonus (sk. 14.5. att.). Hipofīzi dažkārt sauc par vadošo dziedzeri, jo tā stimulē noteiktu citu dziedzeru darbību.

Vairogdziedzeris izdala tiroksīnu un trijodtironīnu – hormonus, kuriem ir liela nozīme nenobrieduša organisma augšanā un attīstībā. Pieauguši cilvēkiem tie paātrina vielmaiņu. Vairogdziedzeris izdala arī tireokalcitonīnu, kas pazemina kalcija līmeni asinīs. Epi-tēlijķermeniši palielina kalcija līmeni asinīs, bet samazina fosfora līmeni asinīs. Virsnieru serde izdala epinefrīnu un norepinefrīnu, kas palīdz tikt galā ar stresa situācijām. Virsnieru garoza izdala glikokortikoīdus (kortizolu) un mineralokortikoīdus (aldosteronu). Kortizols veicina proteīnu hidrolīzi par aminoskābēm, kas pēc tam tiek pārvērstas par glikozi. Šādā veidā tas palielina glikozes līmeni asinīs. Tas arī mazina iekaisuma reakcijas. Aldosterons rada nātrija jonu reabsorbciju nierēs un nodrošina kālija jonu izvadišanu no tām.

Aizkuņģa dziedzera saliņas veido insulīnu, kas pazemina glikozes līmeni asinīs, un glikagonu, kas paaugstina glikozes līmeni asinīs.

Dzimumdziedzeri veido dzimumhormonus. Aizkrūtes dziedzeris izdala timozīnu, kas veicina T-limfocītu veidošanos un nobriešanu. Epifīze izdala melatonīnu, kura funkcijas zīdītājiem ir neparastas – tas var ietekmēt dzimumorgānu attīstību.

14.3. Vides signāli

Ir trīs ķīmisko ziņnešu veidi: 1) iedarbojas starp indivīdiem no attāluma (feromoni); 2) organismā iedarbojas starp orgāniem no attāluma (hormoni un neirosekretoro šūnu sekrēti); 3) vietējas iedarbības ziņneši starp blakusesošām šūnām (piemēram, neurotransmisīvās vielas). Lai gan starp šīm vielu grupām ir atšķirības, iespējams, ka tās visas varētu saukt par hormoniem.

Pārbaudiet sevi

- Definējiet endokrīnos hormonus, ietverot atbildē to, kā tie pārvietojas organismā un kā tiek uztverti! Kas ir mērķorgāns? 240. lpp.
- Kā iedala hormonus atkarībā no to uzbuves? 240. lpp.
- Paskaidrojiet, kā divas galvenās hormonu grupas ietekmē šūnas vielmaiņu! 240.–241. lpp.
- Kur cilvēka organismā atrodas galvenie sekrēcijas dziedzeri? Nosauciēt galvenos hormonus, ko veido sekrēcijas dziedzeri! Raksturojiet šo hormonu pamatfunkcijas! 242.–243. lpp.
- Kas ir negatīvās atgriezeniskās saites princips? Izskaidrojiet to, par piemēru minot anti-diurētiskā hormona darbību! 243.–244. lpp.
- Kāda saistība pastāv starp hipotalāmu un hipofīzes priekšējo un aizmugurējo daļu? 244.–245. lpp.
- Kāda sakarība pastāv starp hipotalāmu, hipofīzes priekšējo daļu un pārējiem endokrīnajiem dziedzeriem? Kāpēc hipofīzi mēdz saukt par vadošo dziedzeri? 245. lpp.
- Uzzīmējiet shēmu, kas attēlo insulīna un glikagona pretējo darbību! Izmantojiet savu shēmu, lai izskaidrotu, kādi ir divi cukurslimības veidi! 251. lpp.
- Kādas ir trīs ķīmisko ziņnešu grupas? Miniet katrai grupai piemēru! 254. lpp.
- Miniet piemērus, kas raksturo nervu sistēmas un endokrīnās sistēmas darbības pārklāšanos! Kāpēc ir nepieciešams paplašināt tradicionālo hormonu definīciju? 255. lpp.

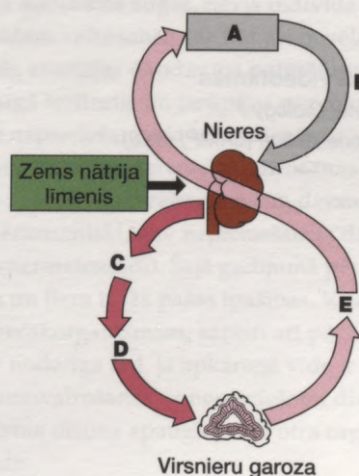
Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu! Sameklējiet dotajiem dziedzeriem (A.–F.) atbilstošos hormonus (1.–5.)!

Dots

- Aizkuņģa dziedzeris
 - Hipofīzes priekšējā daļa
 - Hipofīzes aizmugurējā daļa
 - Vairogdziedzeris
 - Virsnieru dziedzeru serde
 - Virsnieru dziedzeru garoza
- Kortizols
 - Augšanas hormons
 - Oksitocīna krātuve
 - Insulīns
 - Epinefrīns
- Kā sekrēciju regulē hipofīzes priekšējā daļa?
 - Gan virsnieru serdes, gan virsnieru garozas sekrēciju
 - Kortizola un aldosterona sekrēciju

- Tiroksīna sekrēciju
 - Visas atbildes ir pareizas
- Kuri hormoni **nav** steroīdie hormoni?
 - Tie, kurus uztver plazmas membrānas receptori
 - Tie, kurus uztver citoplazmas receptori
 - Tie, kuri nodrošina DNS transkripciju
 - Gan A, gan C atbilde ir pareiza
 - Ko izraisa aldosterons?
 - Renīna izdalīšanos nierēs
 - Nātrija absorbciju nierēs
 - Asiņu tilpuma palielināšanos
 - Visas atbildes ir pareizas
 - Kas ir raksturīgs cukurslimībai?
 - Pārāk daudz insulīna asinīs
 - Pārāk daudz cukura asinīs
 - Asinis ir pārāk atšķaidītas
 - Visas atbildes ir pareizas
 - Kā sekrēciju regulē kortizola līmenis asinīs?
 - Hipotalāma hormonu atbrīvošanos
 - Adrenokortikotropīna sekrēciju no hipofīzes priekšējās daļas
 - Kortizola sekrēciju no virsnieru garozas
 - Visas atbildes ir pareizas
 - Kāda ir galvenā atšķirība starp feromoniem un vietējas iedarbības hormoniem?
 - Atšķiras iedarbības attālumam
 - Viens no tiem ir ķīmiskais ziņnesis, bet otrs – nav
 - Viens no tiem ir bezmugurkaulniekiem, bet otrs – mugurkaulniekiem
 - Visas atbildes ir pareizas
 - Paskaidrojiet, kas ir redzams shēmā! Kādā veidā negatīvās atgriezeniskās saites princips nodrošina nemainīgu aldosterona līmeni asinīs?



Papildjautājumi

1. *Noteiktu hormonu līmeni nodrošina atgriezeniskās saites kontrole.*
Salīdziniet neirotransmisīvo vielu līmeņa regulāciju nervu sistēmā ar hormonu līmeņa regulāciju endokrīnajā sistēmā!
2. *Nervu sistēma darbojas ātri, bet endokrīnās sistēmas iedarbība ir diezgan lēna.*
Salīdziniet informācijas nodošanu nervu sistēmā un endokrīnajā sistēmā!
3. *Hormonu līmenis lielā mērā ietekmē fenotipu.*
Raksturojiet dzimumhormonu iedarbību, lai pamatotu šo apgalvojumu!

Multimediju izmantošana

Tēmu par hormoniem un endokrīno sistēmu palīdzēs apgūt šādi multimediji.



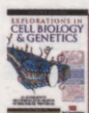
Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>
(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. The Dynamic Human Endocrine System



CD-ROM disks. Explorations in Cell Biology & Genetics Cell-Cell Interactions (#4)



CD-ROM disks. Explorations in Human Biology Hormone Action (#11)



Dabaszinātņu videofilmas

Video #3: Animal Biology I

Peptide Hormone Action (cAMP) (#28)

Jēdzienu izpratne

Adisona slimība 249. lpp.	Hipofīze 244. lpp.
Adrenokortikotropīns 246. lpp.	Hipotalāms 244 lpp.
Aizkrūtes dziedzeris 254. lpp.	Hormons 240. lpp.
Aizkuņģa dziedzera saliņas 251. lpp.	Insulīns 251. lpp.
Aizkuņģa dziedzeris 251. lpp.	Kākslis 246. lpp.
Aldosterons 248. lpp.	Kašinga sindroms 249. lpp.
Anaboliskie steroidi 253. lpp.	Kortizols 248. lpp.
Androgēni 253. lpp.	Melanocītus stimulējošais hormons 246. lpp.
Antidiurētiskais hormons 244. lpp.	Nesteroīdie hormoni 241. lpp.
Augšanas hormons 245. lpp.	Norepinefrīns (noradrenālis) 248. lpp.
Cikliskais adenoziņa monofosfāts (cAMP) 241. lpp.	Oksitocīns 244. lpp.
Cukurslimība (cukura diabēts) 251. lpp.	Otrais jeb sekundārais ziņnesis (mesendžers) 241. lpp.
Diennakts ritms 254. lpp.	Parathormons 247. lpp.
Dzimumdziedzis (gonāda) 243. lpp.	Progesterons 253. lpp.
Endokrīnā sistēma 239. lpp.	Prolaktīns 246. lpp.
Epifīze 254. lpp.	Prostaglandīns 254. lpp.
Epinefrīns (adrenālis) 248. lpp.	Renīns 248. lpp.
Epitēlijķermenīši 247. lpp.	Steroidais hormons 240. lpp.
Estrogēns 253. lpp.	Tioksīns 246. lpp.
Glikagons 251. lpp.	Vairogdziedzis 246. lpp.
Gonadotropie hormoni 246. lpp.	Vairogdziedzeri stimulējošais hormons 246. lpp.
	Virsnieru dziedzeris 248. lpp.
	Virsnieru garoza 248. lpp.
	Virsnieru serde 248. lpp.

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- A. _____ – virsnieru garozas hormons, kas regulē nātrija un kālija jonu daudzumu asinīs.
- B. _____ – vienā ķermeņa daļā izdalīts ķīmiskais ziņnesis, kas ietekmē citas ķermeņa daļas aktivitāti.
- C. _____ – hipofīzes aizmugurējās daļas hormons, kas palielina nefrona savācējkanāliņu caurlaidību.
- D. _____ – dziedzeris, kas zivīm un abiniekiem atrodas ādas virsmā, bet zīdītājiem – galvas smadzeņu trešajā vēderīnā (ventrikulā). Tas izdala melatonīnu.
- E. _____ – hipofīzes priekšējās daļas izdalītais hormons, kas veicina virsnieru garozas aktivitāti.
- F. _____ – liels dziedzeris kaklā, kas izdala vairākus nozīmīgus hormonus, piemēram, tioksīnu un tireokalcitonīnu.
- G. _____ – aizkuņģa dziedzera hormons, kas izraisa glikogēna noārdīšanos aknās un palielina glikozes līmeni asinīs.
- H. _____ – viela, ko izdala hipofīzes priekšējā daļa; veicina šūnu dalīšanos, proteīnu sintēzi un kaulu augšanu.

Nodaļas saturs

15.1. Dzīvnieku vairošanās

- Dzīvnieki vairojas divējādi – bezdzimumvairošanās un dzimumvairošanās ceļā. 260. lpp.
- Dzīvniekiem, kuriem ir raksturīga dzimumvairošanās, ir dzimumdziedzeri, kuros attīstās dzimumšūnas (gametas). Daudziem dzīvniekiem ir arī orgāni, kas uzkrāj un izvada dzimumšūnas no organisma. 260. lpp.
- Dzīvniekiem apaugļošanās notiek dažādos veidos; nenobriedušās attīstības stadijas viņi aizsargā dažādi. 261. lpp.

15.2. Vīrieša dzimumorgānu sistēma

- Vīriešu dzimumorgānu sistēma ir pielāgota nepārtrauktai vīrišķo dzimumšūnu (spermatozoīdu) veidošanai lielā skaitā. Dzimumšūnas tiek pārvadītas kopā ar šķidrumu. 264. lpp.
- Spermatozoīdu veidošanos, kā arī primāro un sekundāro dzimumpazīmju attīstību regulē hormoni. 267. lpp.

15.3. Sievietes dzimumorgānu sistēma

- Sieviešu dzimumorgānu sistēma ir pielāgota vienas olšūnas veidošanai un dzemdes sagatavošanai augļa attīstībai ik mēnesi. 268. lpp.
- Hormoni regulē sievietes menstruālo ciklu, nodrošinot grūtniecības saglabāšanos, ja ir notikusi apaugļošanās. 270. lpp.

15.4. Cilvēka vairošanās iespējas

- Mūsdienās ir radītas alternatīvas metodes, kā nodrošināt cilvēka vairošanos. Ir iespējama, piemēram, apaugļošanās ārpus organisma un zigotas ievietošana dzemdē. 272. lpp.
- Ir dažādas dzimstības regulācijas metodes; dažas ir efektīvas, bet citas – mazefektīvas. 273. lpp.



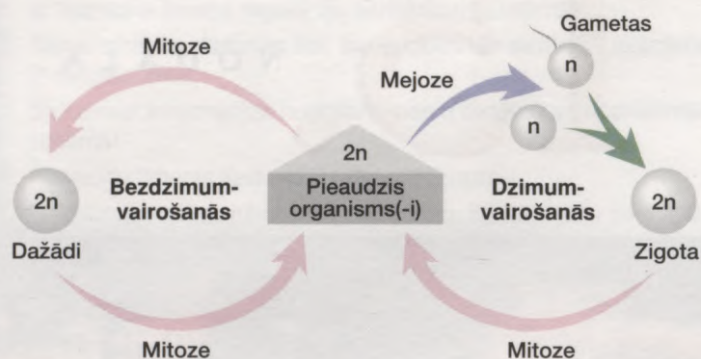
Strauss (*Struthio camelus*) ar mazuļiem

Šajā grāmatā jau ir aplūkotas dažādas katra indivīda izdzīvošanai nepieciešamās dzīvības norises: barības sagremošana, gāzu maiņa, sāļu un ūdens līdzsvara nodrošināšana. Vairošanās atšķiras no minētajām dzīvības norisēm, jo tā nodrošina sugas, nevis indivīda izdzīvošanu. Pašam indivīdam vairošanās var būt arī nevēlama, jo tā ir saistīta ar liela enerģijas daudzuma patērēšanu. Ir jāsameklē pāris, jāaizsargā teritorija un jā rūpējas par mazuļiem. Sugai vairošanās ir nepieciešama, jo tas ir vienīgais veids, kā sugu saglabāt. Visus daudzus dzīvnieku vairošanās veidus var iedalīt divās grupās: bezdzimumvairošanās un dzimumvairošanās. Lai vairotos bezdzimumiski, nav nepieciešamas dzimumšūnas (olšūnas un spermatozoīdi). Šajā gadījumā pēcnācēji rodas no viena vecāka un tiem ir tās pašas īpašības. Visas pazīmes, kas ir raksturīgas vecākorganismam, saņem arī pēcnācēji. Šāda vairošanās ir noderīga tad, ja apkārtējā vide ir nemainīga. Lai notiktu dzimumvairošanās, ir nepieciešami divi vecākorganismi. Viena organisma olšūna apaugļojas ar otra organisma spermatozoīdu.

Dzimumvairošanās priekšrocība ir tā, ka pēcnācēji nav pilnīgi līdzīgi saviem vecākiem. Ģenētisko variāciju rašanās pēcnācēju vidū palīdz nodrošināt sugas saglabāšanos mainīgos vides apstākļos.

15.1. Dzīvnieku vairošanās

Shēmā ir parādīti divi galvenie vairošanās veidi – bezdzimumvairošanās un dzimumvairošanās.



Bezdzimumvairošanās gadījumā ir tikai viens vecāks, bet dzimumvairošanās gadījumā – divi vecāki. Ilgu laiku uzskatīja, ka zīdītājiem nav iespējama bezdzimumvairošanās, bet 263. lpp. ir aprakstīts, kā notiek zīdītāju klonēšana. To veic laboratorijas apstākļos, dabā tā nenotiek.

Bezdzimumvairošanās un dzimumvairošanās

Dzīvnieki vairojas dažādos veidos. Dažiem ir raksturīga gan bezdzimumvairošanās, gan dzimumvairošanās. Daļa zarndobumaiņu, piemēram, hidras, vairojas pumpurojoties (15.1. att.). **Pumpurošanās** laikā jaunais organisms veidojas kā vecā organisma izaugums (pumpurs). Citiem zarndobumaiņiem ir divas diploīdas paaudzes. Obēlijai polipu paaudze ir sēdoša kolonija, kas sastāv no daudziem hidrai līdzīgiem indivīdiem. Tā pumpurojoties veido diploidālas medūzas. Medūzu stadija, kas atgādina parastas medūzas, ir kustīga. Tā veido haploidālas olšūnas un spermatozoīdus. Šī kustīgā paaudze rada sugas daudzveidību. Daudzi plankantārpi var sadalīties divās daļās; katra no tām reģenerējas par jaunu indivīdu. Fragmentācija, kurai seko reģenerācija, ir vērojama arī sūkļiem un adatādaiņiem. Gabalos sacirsta jūraszvaigzne neaiziet bojā; katrs stars kļūst par jaunu dzīvnieku.

Daudzi plankantārpi, veltņtārpi, vēži, posmtārpi, kukaiņi, zivis un ķirzakas spēj vairoties partenogēnētiski. **Partenogēnēze** (gr. *parthenos* – jaunava un *genitus* – veidojošs) ir dzimumvairošanās veids, kad jaunie indivīdi rodas no neapaugļotām olšūnām. Bišu māte var dēt apaugļotas un neapaugļotas olas. No apaugļotām olām rodas diploidālas mātītes – darba bites, bet no neapaugļotām olām – haploidāli tēviņi jeb trani.

Dzimumvairošanās laikā parasti viena indivīda olšūnu apaugļo cita indivīda spermatozoīds. Sliekas ir hermafrodīti, jo katrā tārpā ir gan sievišķie, gan vīrišķie dzimumorgāni. Tām notiek krusteniskā apaugļošanās. Pēcncācēji iegūst ģenus, kas ir vecāku ģēnu dažāda kombinācija. Dabā vēro-



15.1. attēls. Hidras (*Hydra*) vairošanās

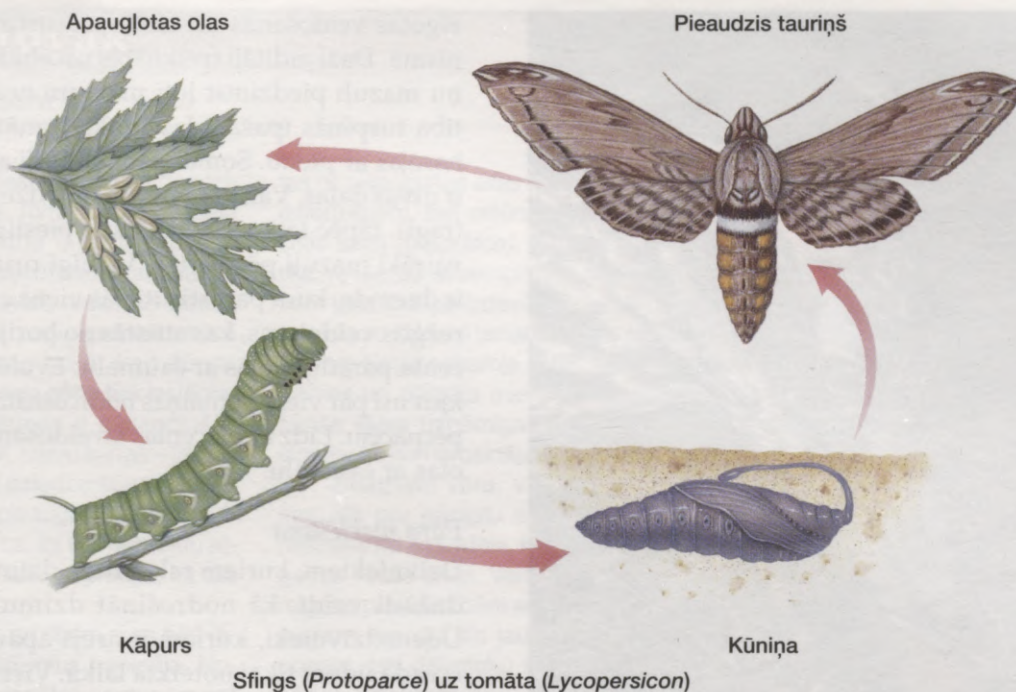
Hidrām raksturīga gan bezdzimumvairošanās, gan dzimumvairošanās. Bezdzimumvairošanās laikā pumpurojoties rodas jauns polips. Dzimumvairošanās laikā ķermeņa sienā uz laiku veidojas gonādas.

jama arī dzimumu pārvēršanās, piemēram, kādas koraļļu rifos dzīvojošas zivs katram tēviņam ir harēms, kurā ir vairākas mātītes. Ja tēviņš nomirst, lielākā mātīte pārvēršas par tēviņu.

Dzimumorgāni

Dzīvniekiem, kuriem ir raksturīga dzimumvairošanās, parasti ir primārie dzimumorgāni, kuros rodas dzimumšūnas (gametas), un papildu orgāni, kuros šīs šūnas uzkrājas un tiek pārvietotas. Dzīvniekiem dzimumšūnas parasti rodas īpašos dzimumdziedzeros – **gonādās** (gr. *gone* – sēkla). Sūkļi ir izņēmums, jo viņiem spermatozoīdi un olšūnas veidojas no apkakles šūnām, kas izklāj centrālo dobumu. Zarndobumaiņiem, piemēram, hidrām, gonādas veidojas tikai rudenī, kad notiek dzimumvairošanās (15.1. att.). Pārējo tipu dzīvniekiem ir pastāvīgi vairošanās orgāni. **Sēklinieki** veido spermatozoīdus, bet **olnīcas** (lat. *ovaris* – olu glabātājs) – olšūnas. Spermatozoīdi un olšūnas rodas no to aizmetņiem (primārajām dzimumšūnām), kas veidojas agrās attīstības stadijās. Pārējās dzimumdziedzera šūnas balsta un baro topošās gametas. Ir vēl citi palīgorgāni, vadi un uzkrāšanas vietas, kas nodrošina gametu sastapšanos.

Kopulācija (lat. *copulatus* – savienojums) ir seksuāla savienošana, kas nodrošina spermas nokļūšanu partnerī – parasti sievišķajā organismā. Sliekai nav kopulācijas orgānu, bet citiem dzīvniekiem ir īpaši kopulācijas orgāni. Sauszemes dzīvnieku tēviņiem parasti ir dzimumloceklis (penis), ar kuru var ievadīt spermu mātītes makstī. Ūdensdzīvniekiem arī ir kopulācijas orgāni. Piemēram, tinteszivis un astoņkāji



15.2. attēls. Naktstauriņa dzīves cikls

Naktstauriņi izdēj apaugļotas olas to attīstībai piemērotā vietā. No olām attīstās kāpuri. Pirms iekūņošanās ir vairākas kāpura stadijas. Kūniņā metamorfozes rezultātā izveidojas jaunais tauriņš.

kopulācijai izmanto taustekļus, bet haizivis spermatozoīdu lodītes mātītei nogādā ar pārveidotas spuras palīdzību. No sauszemes dzīvniekiem vairumam putnu nav dzimumlocekļa un maksts. Viņiem ir kloāka – kamera, kas uztver produktus no gremošanas sistēmas, urīnizvadsistēmas un vairošanās orgāniem. Tēviņš ievada spermu mātītē, pietuvinot savu kloāku viņas kloākai.

Zigotas un embrija aizsardzība

Daudziem ūdensdzīvniekiem ir raksturīga ārējā apaugļošanās. Viņu olšūnas un spermatozoīdi savienojas ūdenī ārpus organisma. Sauszemes dzīvniekiem ir raksturīga iekšējā apaugļošanās. Viņiem olšūnas un spermatozoīdi savienojas mātītes organismā. Abu veidu dzīvnieki var būt oldējēji, kas olas izvada ārējā vidē. Aplūkojiet kukaiņu attīstības ciklu (15.2. att.)! Kukaiņu olšūnas attīstās olnīcās. Nobriestot olšūnas palielinās, jo ap tām veidojas **dzeltenums** – barības vielu rezerve topošajam organismam. Lai olas neizzūtu, tās pārklājas ar vairākkārtīgu apvalku, kas sastāv no proteīniem un vaskiem. Vienā olas galā paliek neliels caurumiņš, lai tajā varētu iekļūt spermatozoīds. Dažiem kukaiņiem ir īpašs iekšējais orgāns, kurā pēc kopulācijas uz noteiktu laiku uzkrājas sperma. Tas nodrošina olšūnu apaugļošanu, pirms tās nonāk ārējā vidē.

Kāpurs ir attīstības stadija; ar savu ārējo izskatu un dzīvesveidu tas ievērojami atšķiras no pieauguša kukaiņa. Kāpurs spēj pats sev sameklēt barību un uzturēt sevi, līdz kļūst par kūniņu. Daļai sauszemes kukaiņu ir vairākas

attīstības stadijas, līdz tie iekūņojas. **Kūniņa** ir klāta ar cietu kutikulu. Tajā notiek metamorfoze (gr. *meta* – netieša pārvērtība un *morphe* – forma, veids) jeb pārvēršanās – ievērojamas formas pārmaiņas. Pēc tam izšķīļas pieaudzis kukainis, kas lido, lai sameklētu pāri un vairotos. Citiem kukaiņiem, piemēram, sienāžiem ir nepilnīga metamorfoze. Viņiem nenotiek iekūņošanās un nav kūniņas stadijas. Katrs jaunais dzīvnieks ir līdzīgs pieaugušam kukainim. Arī daudziem ūdensdzīvniekiem ir kāpura stadija. Tā kā kāpuriem ir citāds dzīvesveids nekā pieaugušajiem dzīvniekiem, viņi izmanto arī atšķirīgu barību. Jūraszvaigznēm ir divpusēji simetrisks kāpurs, kas piestiprinās pie substrāta un metamorfozes rezultātā kļūst par staraini simetrisku dzīvnieku. Jūraspīlītes brīvi peldošais kāpurs kļūst par sēdošu dzīvnieku, kas ir klāts ar kaļķa plātnītēm. Vēžiem kāpura stadijas nav. Tikko izšķīlušies sīkie dzīvnieki pēc formas atgādina pieaugušus vēžus.

Rāpuļiem un it īpaši putniem veidojas olas, kurās ir daudz dzeltenuma. Šiem dzīvniekiem kāpura stadijas nav. Attīstība pilnībā notiek ar čaumalu klātajā olā, kurā ir **ārpus-embrija apvalki** (lat. *extra* – uz ārpusi). Ārējais apvalks jeb horijs atrodas tieši zem čaumalas un piedalās gāzu maiņā. Amnijs ap embriju veido ar ūdeni pildītu maisu, kas pasargā embriju no izžūšanas. Dzeltenuma maisā esošais dzeltenums baro embriju, bet alantojs uzkrāj slāpekli saturošos atkritumproduktus (sk. 16.9. att.). Ar čaumalu klātās olas atbrīvo šos dzīvniekus no nepieciešamības vairoties ūdenī. Tas ir nozīmīgs pielāgojums dzīvei uz sauszemes.



15.3. attēls. Putnu rūpes par pēcnācējiem

Putni ir oldējēji. Viņu olas ir klātas ar cietu čaumalu. Putni perē olas un rūpējas par saviem pēcnācējiem pēc to izšķilšanās. Kalifornijas skrējējdzeguze (*Geococcyx californianus*) baro savu mazuli.

Putni parasti pieskata un baro putnēnus, kamēr viņi iemācās lidot un rūpēties par sevi paši. Putnu rūpes par mazuļiem regulē gan hormoni, gan nervu sistēma (15.3. att.). Daļai dzīvnieku olas nobriest un attīstās organismā, līdz no tām izšķīlas saviem vecākiem līdzīgi pilnīgi nobrieduši mazuli. Šādus dzīvniekus sauc par dzīvdzemdētājiem. Austerēm olas paliek mantijas dobumā, bet jūraszirdziņu tēviņiem ir īpaša perējamā soma, kurā attīstās olas. Daudzām čūskām, piemēram, ūdensčūskām un odzēm, olas paliek organismā, līdz no tām izšķīlas mazuli, kuri dodas pasaulē.

Daļai dzīvnieku, īpaši zīdītājiem, ir raksturīga iekšējā apaugļošanās. Viņi visi ir dzīvdzemdētāji. Pēc mazuļa piedzimšanas māte viņu baro ar pienu. Visiem šiem dzīvniekiem

zigotas veidošanās un embrija attīstība notiek mātes organismā. Daži zīdītāji (pīlknābis un ehidna) ir oldējēji. Somaiņu mazuli piedzimst ļoti mazi un neattīstīti. Mazuļa attīstība turpinās īpašā ādas krokā – mātes somā. Te mazulis barojas ar pienu. Somaiņiem embriji attīstās dzemdē, kurai ir divas daļas. Vairumam somaiņu dzemdei ir divi izaugumi (ragi), tāpēc tajā var vienlaikus piestiprināties un attīstīties vairāki mazuli pēc kārtas. Vienīgi primātiem, arī cilvēkam, ir dzemde, kurā parasti attīstās viens embrijs. **Placenta** ir sarežģīts veidojums, kas attīstās no horija daļas. Vispirms placenta parādījās olās ar čaumalu. Evolūcijas gaitā placenta ir kļuvusi par vielu apmaiņas nodrošinātāju starp māti un viņas pēcnācēju. Līdz ar placentas izveidošanos zuda vajadzība pēc olas ar čaumalu.

Pāra meklēšana

Dzīvniekiem, kuriem raksturīga dzimumvairošanās, ir ļoti dažādi veidi, kā nodrošināt dzimumšūnu sastapšanos. Ūdensdzīvnieki, kuriem ir ārējā apaugļošanās, savas olas izvada ūdenī tikai noteiktā laikā. Viens no vides signāliem, kas to norāda, ir Mēness fāzes. Katru mēnesi ir laiks, kad Mēness atrodas Zemei vistuvāk. Tad arī paaugstinās ūdens līmenis. Ūdensdzīvnieki spēj uztvert šīs pārmaiņas, tāpēc izvada dzimumšūnas ūdenī vienlaikus. Simtiem un tūkstošiem palolo tārpu divu līdz četru stundu laikā paceļas līdz jūras ūdens virsmai un izdala olas. Tas notiek divās vai trīs īpaši labvēlīgās gada dienās. Visticamāk, viņu darbību regulē bioloģiskais pulkstenis, kas spēj uztvert laika ritumu, un tāpēc viņu seksuālā uzvedība ir saskaņota.

Sauszemes dzīvnieku vairošanās cikli ir saistīti ar dienas garuma maiņu. Fotoperiodisms nosaka atbilstošo vairošanās laiku, kā arī migrāciju uz citām vietām. Pētnieki ir noskaidrojuši, ka nakti epifīze izdala melatonīnu – hormonu, kas, šķiet, iesaistās vairošanās cikla regulācijā. Ir izpētīts, ka tie dzīvnieki, kuri vairojas rudenī, var sākt vairoties pavasarī, ja viņi uzturas mākslīgi saīsinātas dienas apstākļos.

Dzīvniekiem, kuri kopulē, ir īpaši pārošanās rituāli. Tie palīdz abiem dzimumiem satuvoties. Šie rituāli nodrošina, ka tēviņš un mātīte ir no vienas sugas; mazinās agresivitāte pāru starpā. Rituāli izraisa arī to hormonu izdalīšanos, kuri sagatavo organismu vairošanās procesam. Vairošanās procesu uzskata par veiksmīgu tad, ja indivīds spēj radīt daudzus auglīgus pēcnācējus.

Dzīvniekiem, kuriem ir raksturīga dzimumvairošanās, parasti ir dzimumorgāni. Šie dzīvnieki meklē pāri un aizsargā savus pēcnācējus.

Uzziniet tuvāk

► Zidītāju klonēšana

Parasti mugurkaulnieki nevairojas bezdzimumvairošanās ceļā. Tomēr pastāv iespēja tos klonēt. Klonēšana ir kāda indivīda kopijas radīšana – bezdzimumvairošanās veids, jo jaunais indivīds rodas no vienas šūnas gēniem. Katrā mugurkaulnieka šūnā ir visi gēni. Attīstības laikā, kad šūnas specializējas, kāda daļa gēnu tiek izslēgta. Piemēram, muskuļšūnas ir pielāgojušās kontrakciju veikšanai, nervu šūnas – impulsu pārvadīšanai, bet dziedzeršūnas – vielu sekrēcijai. Klonējot pieaugušu mugurkaulnieku, ir nepieciešams, lai visi gēni tiktu atkal iedarbināti. Ilgu laiku uzskatīja, ka tas nav iespējams.

Neraugoties uz grūtībām, kas bija jāpārvar, zinātnieki pētījumus turpināja. Noteiktos apstākļos ir klonētas vārdes un pat pērtiķi. Vardēm ņemts kurkuļa tievās zarnas šūnas kodols un transplantēts vārdes olšūnā, kuras kodols iepriekš iznīcināts. Rezultātā iegūta normāla pieaugusi varde. Pērtiķiem šūnas kodols ir ņemts no ļoti agras attīstības stadijas – embrija, kam ir nedaudz šūnu. Ja bija notikusi šūnu diferenciacija, nevarēja panākt pērtiķa pilnīgu izveidošanos. Tomēr būtu labāk, ja kodolu varētu ņemt no pieauguša indivīda, jo tad būtu zināms, kādu fenotipu izdosies iegūt. 1997. gada martā notika zinātnisks brīnums. Roslina institūtā Edinburgā (Skotija) Alens Vilmuts paziņoja, ka tika klonēta aita no pieaugušas aitas šūnas. Darba gaita parādīta 15.A. attēlā. Donoršūnas tika ņem-

tas no pieaugušas aitas (*Finn Dorset*) piena dziedzeriem, bet olšūnas tika ņemtas no citas aitas (*Blackface*). Lai gan klonēšana tika veikta 29 eksemplāros, tikai viens no tiem (aita Dollija) izdevās. Ar ko šī metode atšķirās no iepriekš izmantotajām metodēm? Donora šūnas nebaroja, tāpēc tās pārtrauca dalīties un pārgāja miera fāzē. Līdz ar to šūnas kļuva uzņēmīgas pret citoplazmas signāliem, kuri ierosināja to pilnveidošanos.

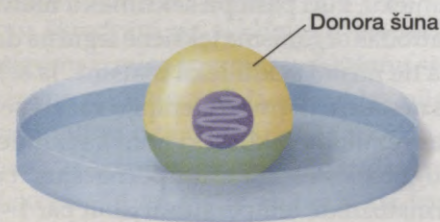
Zinātnieki vēro, vai Dollija novecos straujāk par parastu aitu, jo viņa taču ir radusies no 2n kodola, kas ņemts no sešus gadus vecas aitas. Varbūt viņa būs uzņēmīgāka pret slimībām nekā citas aitas? Ja pieņem, ka visi šie jautājumi atrisināsies pozitīvi, tad dzīvnieku klonēšana dos dažādas priekšrocības. Ģenētiskā līdzība varēs nodrošināt eksperimentos nepieciešamo vienveidību. Tā dos iespēju saglabāt apdraudētās sugas no iznīkšanas. Iespējams, ka klonēšanu varēs apvienot ar ģēnu inženieriju un iegūt jaunus dzīvniekus ar pārveidotiem ģēniem.

Zinātniekus aizrauj doma, ka būs iespējams klonēt arī cilvēku. ASV prezidents Bils Klintons ir paziņojis, ka valsts līdzekļi netiks izmantoti cilvēka klonēšanas eksperimentiem. Biologi grib pārlicināt sabiedrību, ka cilvēks nekad nebūs kādas klonētās personas tieša kopija. Klonētais bērns dzīvotų citā ģimenē un citos sociālajos apstākļos. Cilvēks nav tikai ģēnu produkts, bet arī apkārtējās vides produkts.

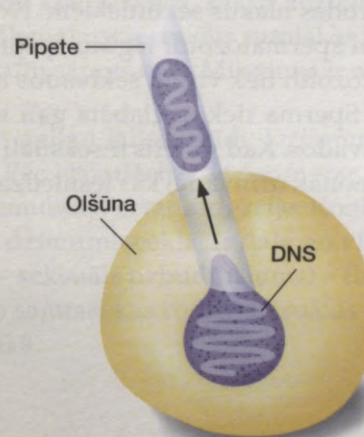
15.A. attēls. Aitas klonēšana



5. No aitas *Finn Dorset* klonēto jēru nosauca par Dolliju.



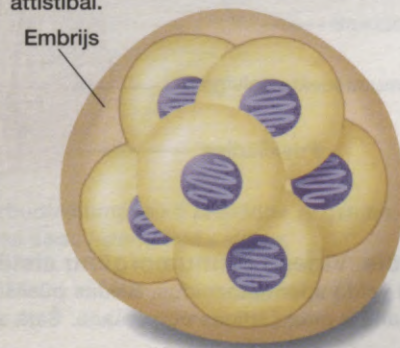
1. Donoršūnas no aitas *Finn Dorset* tesmeņa tika ievietotas vidē, kas ierosināja visu ģēnu aktivitāti.



2. Aitas *Blackface* olšūnām, kas ņemtas no tās olnīcām, iznīcināja kodolu.



3. Izmantoja elektriskos impulsus, lai apvienotu divu veidu šūnas un liktu sākties attīstībai.



4. Embrijus implantēja aitas *Blackface* dzemdē.

15.2. Vīrieša dzimumorgānu sistēma

Vīrieša dzimumorgāni ir attēloti 15.4. attēlā un uzskaitīti 15.1. tabulā. Vīrieša dzimumdziedzeri (gonādas) ir pāris sēklinieku, kuri paslēpti sēklinieku maisiņā. Sēklinieki sākmā atrodas organisma iekšienē iegurņa dobumā, bet attīstības laikā tie noslid sēklinieku maisiņā. Ja sēklinieki nenoslid un zēns nesaņem hormonu terapiju vai arī netiek veikta operācija, kuras rezultātā sēklinieki nonāk sēklinieku maisiņā, iestājas neauglība – nespēja radīt pēcnācējus. Lai veidotos normāli spermatozoīdi, temperatūrai jābūt par 1–1,5 °C zemākai nekā ķermeņa temperatūra.

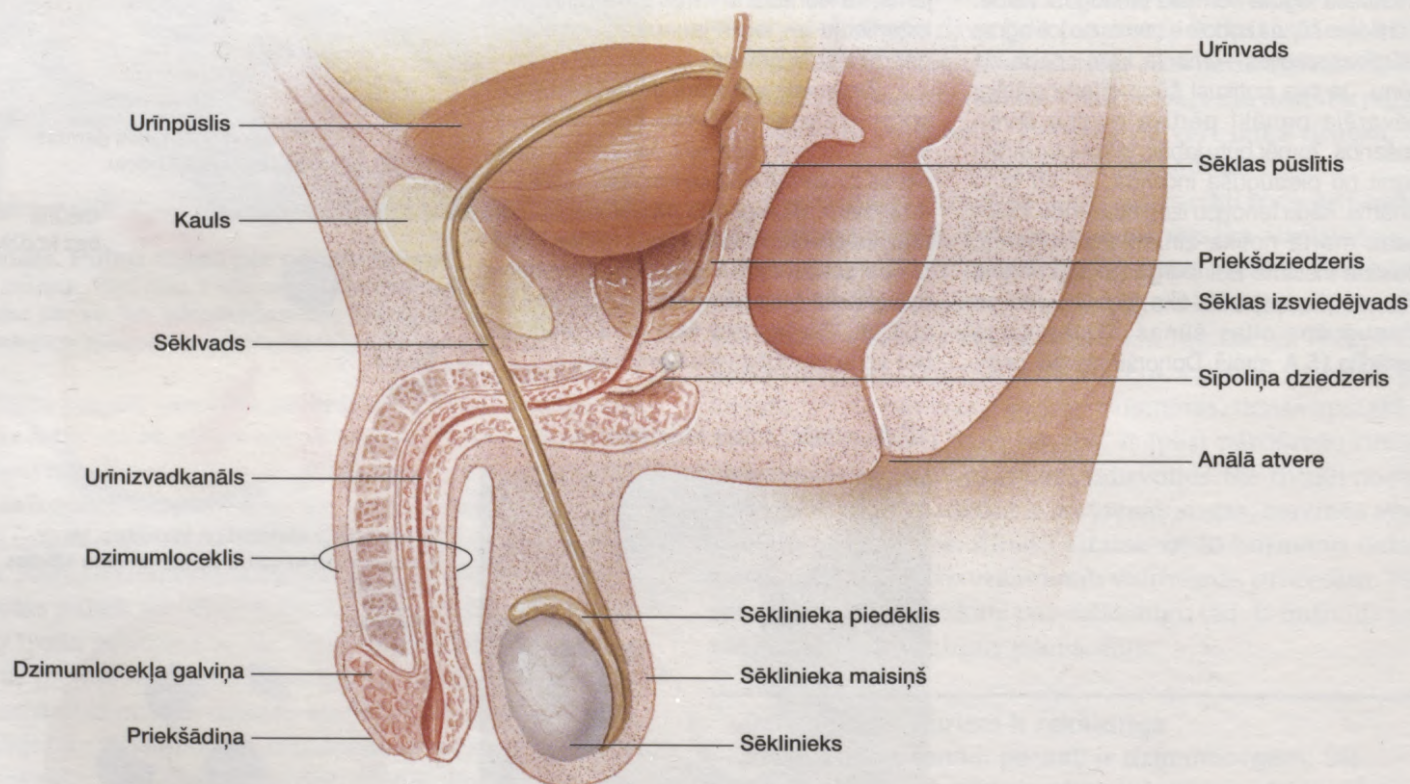
Sēklinieku veidotie spermatozoīdi nobriest sēklinieku piedēkļos, ko veido cieši saritinātas caurules. Sēklinieku piedēkļi atrodas blakus sēkliniekiem. Nobriešana ir nepieciešama, lai spermatozoīdi iegūtu spēju peldēt. Nobriedušie spermatozoīdi tiek virzīti sēklvadā muskuļu darbības rezultātā. Sperma tiek uzglabāta gan sēklinieku piedēkļos, gan sēklvadā. Kad vīrietis ir seksuāli uzbudināts, spermatozoīdi nonāk urīnvadā, kas iesniedzas arī dzimumlocekli.

Dzimumloceklis (penis) ir cilindrisks orgāns, kas parasti karājas sēklinieku maisiņā priekšpusē. Dzimumlocekli ir sūkļveida audi, kas saslien dzimumlocekli tad, kad tas piepildās ar asinīm (15.5. att.). Seksuālā uzbudinājuma laikā nervu refleksi izraisa arteriālo asiņu plūsmas pastiprināšanos

15.1. tabula

Vīrieša dzimumorgāni

Orgāns	Funkcija
Sēklinieki	Spermatozoīdu un dzimumhormonu veidošana
Sēklinieku piedēkļi	Spermatozoīdu nobriešana un uzkrāšana
Sēklvadā	Spermatozoīdu pārvadīšana un uzkrāšana
Sēklas pūslīši	Piedalās spermas šķidruma veidošanā
Priekšdziedzeris	Piedalās spermas šķidruma veidošanā
Urīnizvadkanāls	Pārvada spermu un urīnu
Sīpoliņa dziedzeris	Piedalās sēklas šķidruma veidošanā
Dzimumloceklis	Kopulācijas orgāns



15.4. attēls. Vīrieša dzimumorgānu sistēma sānskatā

Sēklinieki veido spermatozoīdus. Sēklas pūslīši, priekšdziedzeris un sīpoliņa dziedzeris veido šķidrumu, kurā atrodas spermatozoīdi. Apgaizīšana ir priekšādiņas nogriešana. Šajā attēlā redzamais dzimumloceklis nav apgaizīts, jo tam ir priekšādiņa.

dzimumlocekli. Līdz ar to asinis piepilda brīvās vietas tā sūkļveida audos un dzimumloceklis, kas parasti ir ļengans, kļūst stīvs un palielinās izmēros. Šis pārmaiņas sauc par **erekciju**. Ja šādas pārmaiņas nevar notikt, vīrietis ir **impotents**.

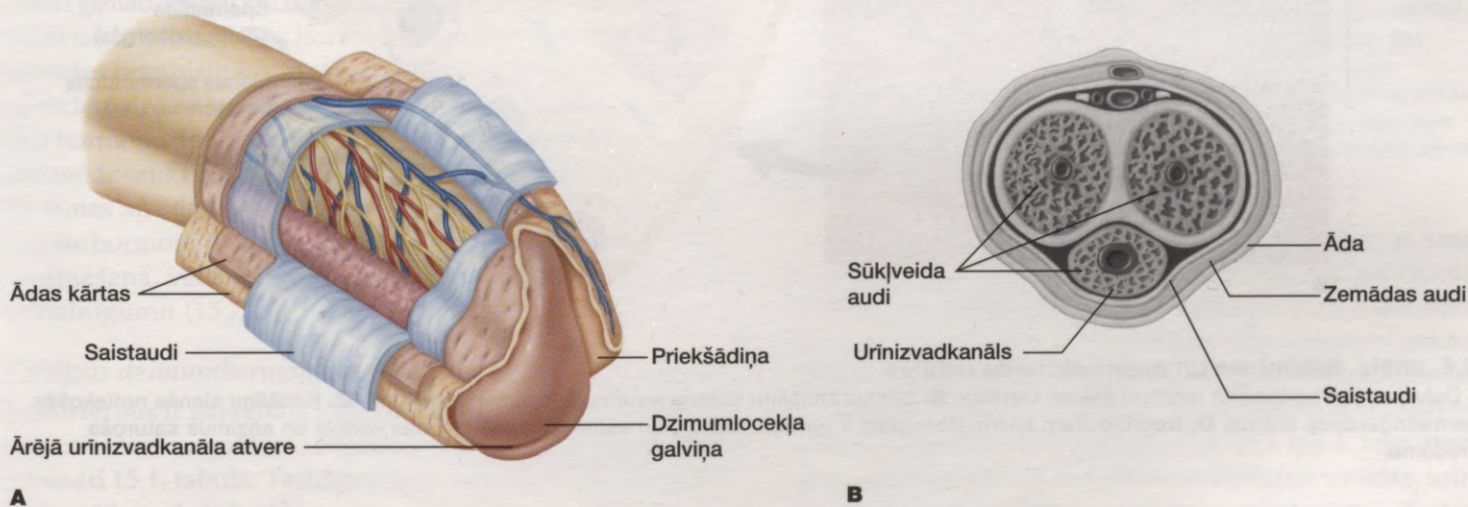
Sēklas šķidrums jeb sperma (lat. *semen* – sēkla) ir biezs, gaišs šķidrums, kurā ir spermatozoīdi un trīs dziedzeru sekrēti (15.1. tab.). Divi sēklas pūslīši atrodas pie urīnpūšļa pamatnes. Abu sēklas pūslīšu izvadkanāli pievienojas sēklvadam. Tā izveidojas sēklas izsviedējvads. Kad sperma plūst no sēklvada sēklas izsviedējvadā, sēklas pūslīši izdala biezu, viskozu šķidrumu, kas satur barības vielas spermatozoīdu darbībai. Tieši zem urīnpūšļa atrodas **priekšdziedzeris**, kas izdala sārmainu, pienam līdzīgu šķidrumu, kurš aktivē spermatozoidus un palielina to kustīgumu. Vecākiem vīriešiem priekšdziedzeris var būt palielināts, tāpēc tiek saspīests urīnizvadkanāls, radot urinēšanas grūtības. Var rasties arī priekšdziedzera vēzis, kas ir izplatītākā vēža forma vīriešiem. Nedaudz zem priekšdziedzera, urīnizvadkanāla vienā pusē, atrodas sīku dziedzeru pāris, ko sauc par **sīpoliņa dziedzeriem**. Tajos ir gļotains šķidrums, kam ir ieeļļojoša iedarbība. Urinācijas laikā urīnizvadkanāls (15.5. att.) izvada urīnu no urīnpūšļa.

Spermatozoidus veido sēklinieki. Tie nobriest sēklinieku piedēkļos un pa sēklvadu nonāk urīnizvadkanālā. Spermai pievienojas vairāku dziedzeru sekrēti.

Ejakulācija

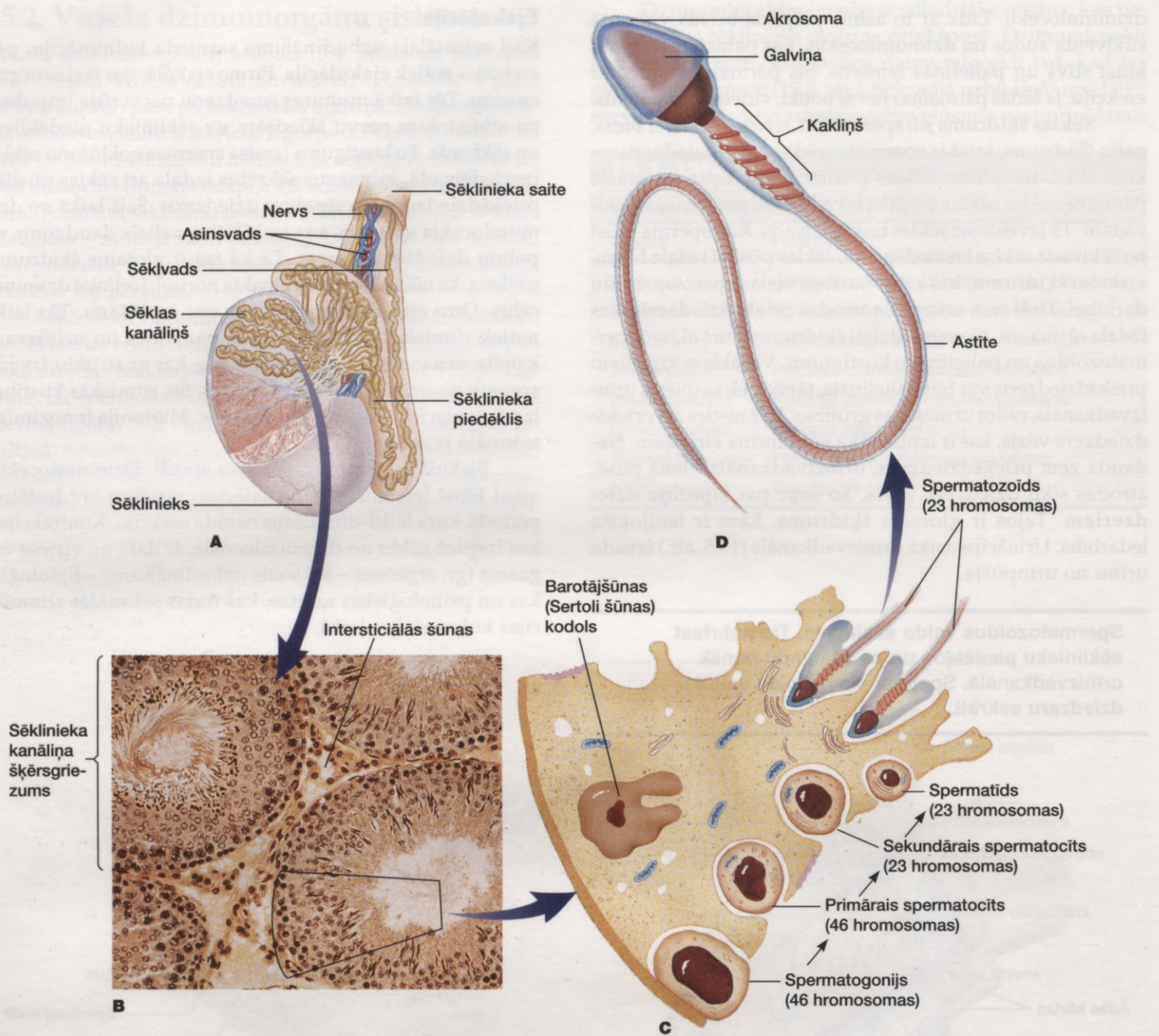
Kad seksuālais uzbudinājums sasniedz kulmināciju, pēc erekcijas notiek **ejakulācija**. Pirmo ejakulācijas fāzi sauc par emisiju. Tās laikā muguras smadzeņu nervi sūta impulsus pa atbilstošām nervu šķiedrām uz sēklinieku piedēkļiem un sēklvads. To kustīgums izraisa spermas nokļūšanu sēklas izsviedējvadā, kur savus sekrētus izdala arī sēklas pūslīši, priekšdziedzeris un sīpoliņu dziedzeris. Šajā laikā no dzimumlocekļa galviņas var izspiesties neliels daudzums sīpoliņu dziedzera sekrēta. Tā kā tas ir gļotains šķidrums, uzskata, ka tas palīdz dzimumakta norisei, ieeļļojot dzimumceļus. Otrā ejakulācijas fāzi sauc par izplūšanu. Tās laikā notiek ritiskas dzimumlocekļa pamatnes un urīnizvadkanāla sienas muskuļu kontrakcijas, kas ar strūklu izvada spermu no urīnizvadkanāla atveres. Šis ritiskās kustības ir miotonija jeb muskuļu saraušanās. Miotonija ir nozīmīga seksuālā reakcija.

Ejakulācija ilgst neilgu laiku sprīdi. Dzimumloceklis atkal kļūst ļengans. Pēc ejakulācijas vīrietim var iestāties periods, kura laikā stimulācija nerada erekciju. Kontrakcijas, kas izspiež sēklu no dzimumlocekļa, ir daļa no vīrieša orgasma (gr. *orgasmos* – seksuāls uzbudinājums) – fizioloģiskas un psiholoģiskas sajūtas, kas rodas seksuālās stimulācijas kulminācijas laikā.



15.5. attēls. Dzimumlocekļa uzbūve

A. Zem ādas un saistaudiem atrodas urīnizvadkanāls, ap kuru ir sūkļveida audi, kas seksuālā uzbudinājuma laikā piepildās ar asinīm. Šie audi veido arī dzimumlocekļa galviņu, kuru daļēji nosedz virsādiņa. **B.** Dzimumlocekļa virspusē ir divas šādu irdenu audu slejas.



15.6. attēls. Sēklinieka un spermatozoīda uzbūve

A. Daiviņas šķērsgriezumā redzami sēklas kanāliņi. **B.** Sēklas kanāliņu šķērsgriezums gaismas mikroskopā. **C.** Kanāliņu sienās notiekošās spermatoģenēzes shēma. **D.** Nobriedušam spermatozoidam ir galviņa, kakliņš un astīte. Galviņā atrodas kodols un enzīmus saturoša akrosoma.

Sēklinieki – spermatozoīdu un hormonu ražotāji

Sēklinieka šķērs griezumā var redzēt, ka tas sastāv no atsevišķām daiviņām; katrā daiviņā ir trīs cieši saritināti sēklinieka kanāliņi (15.6. att. A). Visu šo kanāliņu kopgarums ir aptuveni 250 m. Aplūkojot mikroskopā sēklinieka kanāliņa šķērs griezumā, var redzēt, ka tajā atrodas šūnas, kuras ir iesaistītas spermatoģenēzē (15.6. att. B). Spermatoģenēzes laikā notiek mejoze. Kanāliņos ir arī barotājšūnas jeb Sertoli šūnas, kas balsta, baro un regulē šūnas, kuras iesaistās spermatoģenēzē (15.6. att. C).

Nobriedušam spermatozoīdam ir trīs daļas: galviņa, kakliņš un astīte (15.6. att. D). Kakliņā un astītē ir mikrocaurulītes ar tādu pašu 9 + 2 uzbūvi, kāda ir vicām un skropstiņām. Kakliņa daļā ap mikrocaurulītēm atrodas mitohondriji, kuri ražo kustībām nepieciešamo enerģiju. Galviņā ir kodols, ko pārklāj "cepure", kuru sauc par akrosomu (gr. *akros* – galotne un *soma* – ķermenis). Akrosomā uzkrājas enzīmi, kas nepieciešami iekļūšanai olšūnā. Lai spermatozoīds varētu iekļūt olšūnā, akrosomas enzīmiem ir jāizšķīdina biežais apvalks ap to. Parasti cilvēka ejakulātā (vienā reizē izdalītajā spermā) ir vairāki simti miljonu spermatozoīdu, no kuriem katrs spēj nodrošināt apaugļošanu. Olšūnas tuvumā nokļūst mazāk par simts spermatozoīdiem, bet tajā iekļūst tikai viens no tiem.

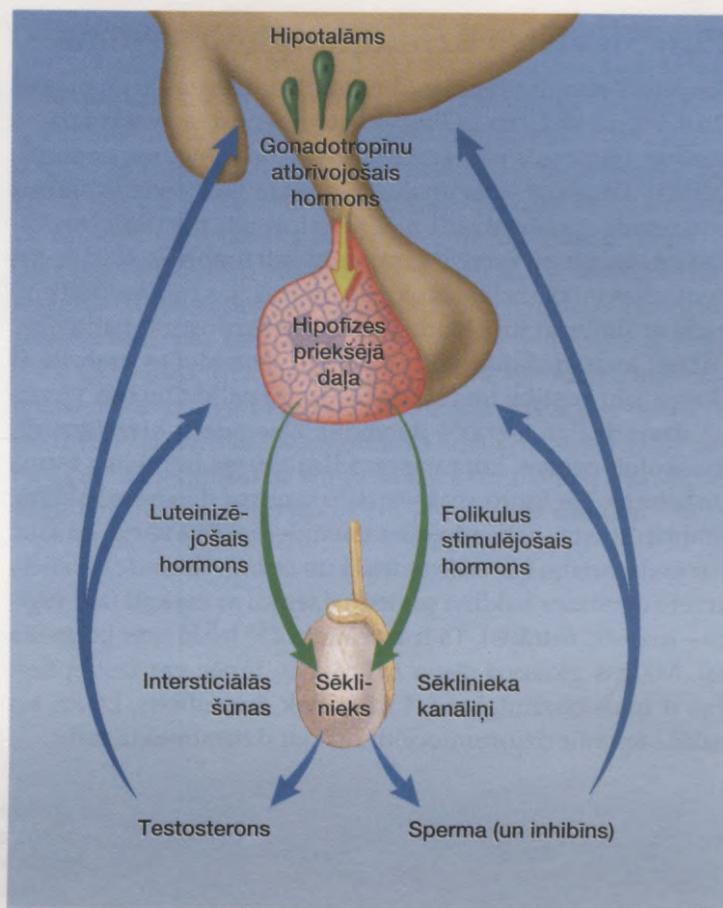
Vīrieša hormonālā regulācija

Hipotalāms kontrolē sēklinieku darbību, izdalot gonadotropīnu atbrīvojošo hormonu, kurš savukārt veicina gonadotropisko hormonu veidošanos hipofīzes priekšējā daļā. Ir divi gonadotropiskie hormoni: folikulus stimulējošais hormons un luteinizējošais hormons. Abi tie ir gan vīrieša, gan sievietes organismā. Vīriešiem folikulus stimulējošais hormons ierosina spermatoģenēzi sēklinieku kanāliņos, kuri izdala hormonu inhibīnu. Vīriešiem luteinizējošo hormonu dažkārt mēdz saukt par intersticiālās šūnas stimulējošo hormonu. Šīs šūnas atrodas starp sēklinieku kanāliņiem (15.6. att. B). Visi šie hormoni piedalās negatīvās atgriezeniskās saites nodrošināšanā, veicinot spermas un testosterona veidošanās nemainīgumu (15.7. att.).

Vīrišķais dzimumhormons testosterons

Testosterons ir galvenais vīrišķais dzimumhormons. Tas ir nepieciešams normālai to orgānu attīstībai un darbībai, kuri ir minēti 15.1. tabulā. Testosterons ir nepieciešams arī spermatozoīdu nobriešanai.

Testosterons ir hormons, kas nodrošina vīrišķo sekundāro dzimum pazīmju rašanos pubertātes laikā. Vīrieši kopumā ir garāki par sievietēm, viņiem ir platāki pleci un garākas kājas attiecībā pret rumpi.



15.7. attēls. Sēklinieku hormonālā regulācija

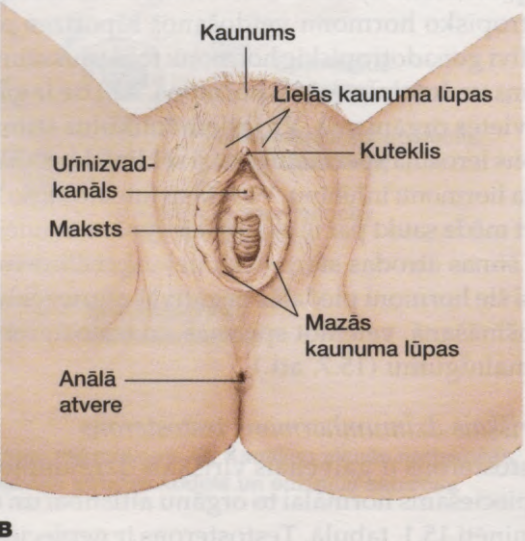
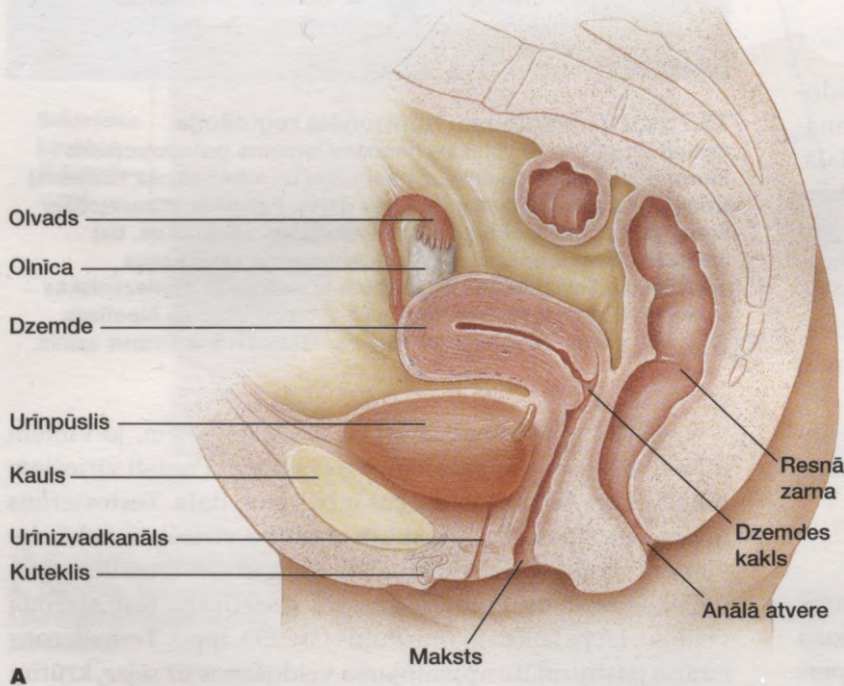
Gonadotropīnu atbrīvojošais hormons ierosina gonadotropisko hormonu (folikulus stimulējošā hormona un luteinizējošā hormona) izdalīšanos no hipofīzes priekšējās daļas. Folikulus stimulējošais hormons veicina spermatozoīdu veidošanos sēkliniekos, bet luteinizējošais hormons ierosina testosterona veidošanos sēkliniekos. Testosterons un inhibīns ar negatīvās atgriezeniskās saites palīdzību nodrošina kontroli pār hipotalāmu un hipofīzes priekšējo daļu. Tādējādi tiek regulēts testosterona līmenis asinīs.

Vīriešiem ir zemāka balss nekā sievietēm, jo viņiem ir lielāka balsene ar garākām balss saitēm. Parasti vīriešiem ir lielāks arī Ādama ābols, kas ir balsenes daļa. Testosterons nodrošina spēcīgāku muskuļu attīstību vīriešiem nekā sievietēm. To zinot, dažkārt gan vīrieši, gan sievietes lieto anaboliskos hormonus (dabiskos vai sintētiskos testosterona veidus), lai palielinātu muskuļus (sk. 253. lpp.). Testosterons izraisa pastiprinātu apmatojuma veidošanos uz sejas, krūtīm un citām ķermeņa daļām, piemēram, uz muguras. Testosterons rada arī matu atkāpšanos no pieres un plikgalvību.

Sēklinieki ir vīriešu dzimumdziedzeri (gonādas), kas veido spermatozoīdus un izdala testosteronu – nozīmīgāko vīrišķo dzimumhormonu.

15.3. Sievietes dzimumorgānu sistēma

Sievietes dzimumorgāni ir olnīcas, olvadi, dzemde un maksts (15.8. att. un 15.2. tab.). Olnīcas katru mēnesi rada sekundāros oocītus. Olnīcas ir pāra orgāns, kas atrodas iegurņa dobumā. Olvadi (lat. *ovum* – ola un *ducto* – vest laukā) savieno olnīcas ar dzemdi, tomēr olvadi nav piestiprināti pie olnīcām. Olvadiem galā ir pirkstveida izaugumi jeb fimbrijas. Kad oocīts ovulācijas laikā izklūst laukā no olnīcas, tas tiek ievirzīts olvadā ar fimbriju un olvadus izklājošo skropstiņu palīdzību. Parasti apaugļošanās notiek olvadā. Izveidojies embrijs ar skropstiņu kustību un olvada muskuļu palīdzību tiek virzīts uz dzemdi (lat. *uterus* – dzemde). Dzemde ir biezsienains, muskuļots orgāns, kuram ir otrādi apgriezta bumbiera forma un lielums. Tās šauro apakšējo daļu sauc par dzemdes kakliņu. Embrijs attīstās, ieligzdojoties dzemdes iekšējā kārtā, ko sauc par endometriju (gr. *endon* – iekšā un *metra* – dzemde). Neliela atvere dzemdes kakliņā savieno dzemdi ar maksti (lat. *vagina* – maksts, futrālis). Tā ir novietota 45° leņķī pret ķermeņa asi. Maksts gļotainā siena ir krokota, tāpēc var izstiepties. Tas ir īpaši nozīmīgi tad, kad notiek dzemdības, kā arī tas palīdz ievadīt dzimumlocekli maksti dzimumakta laikā.



15.8. attēls. Sievietes dzimumorgānu sistēma

A. Orgānu sānskats. Katru mēnesi viena no olnīcām veido oocītu (olšūna). Apaugļošanās notiek olvadā, bet embrionālā attīstība – dzemdē. Maksts ir dzemdību ceļš un orgāns, kas nodrošina kopulāciju. **B.** Sievietes ārējie dzimumorgāni. Meitenēm maksts ieeju daļēji sedz plēve, ko sauc par jaunavības plēvi. Fizisko aktivitāšu vai dzimumattiecību laikā šī plēve tiek sarauta.

Sievietes ārējie dzimumorgāni (lat. *vulva*) ir parādīti 15.8. attēlā B. Kaunums un lielās un mazās kaunuma lūpas atrodas abpus maksts un urīnizvadkanāla atveres. Mazo kaunuma lūpu savienojuma vietā ir **kuteklis** – vīrieša dzimumorgāna homologs. Kuteklī ir audi, kuri spēj uzbudināties. Tos apņem zirņveida dziedzeri. Tā kā kuteklī ir daudz jušanas receptoru, tas ir seksuāli jutīgs orgāns. Sievietēm orgasms ir kutekļa, maksts un dzemdes neiromuskulārā sašprindzinājuma atslābšana.

15.2. tabula

Sievietes dzimumorgāni

Orgāns	Funkcija
Olnīcas	Veido olšūnas un dzimumhormonus
Olvadi	Vada olšūnas; apaugļošanās vieta
Dzemde	Embrija un augļa attīstības vieta
Dzemdes kakls	Atvere uz dzemdi
Maksts	Kopulācijas laikā tajā ievada dzimumlocekli; dzemdību ceļš

Olnīcas – oocītu un hormonu veidotājas

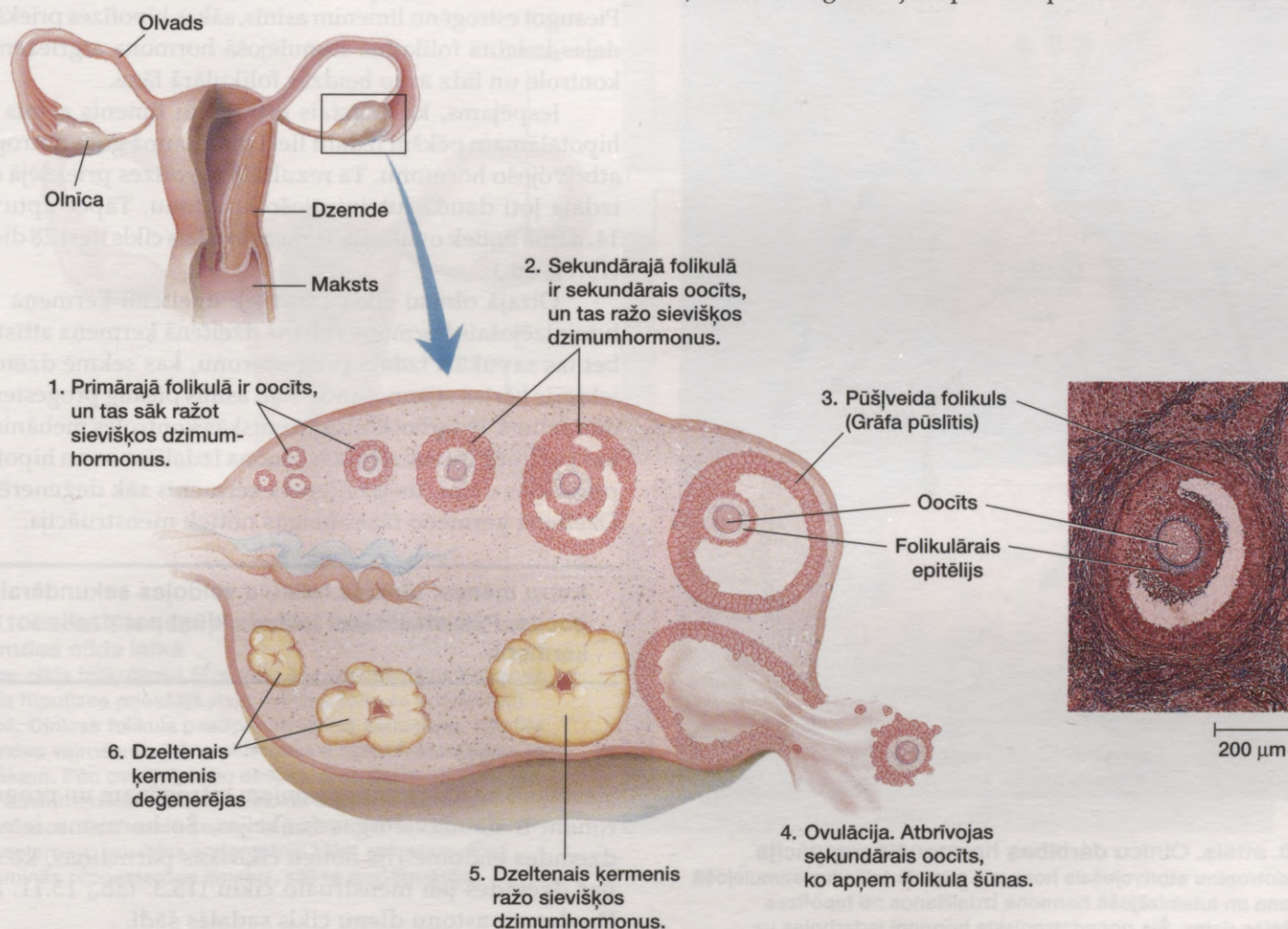
Olnīcas pēc kārtas katru mēnesi nogatavina vienu oocītu. Ērtības labad to parasti sauc par **olšūnu**. Olnīcas cikla laikā veido arī sievišķos dzimumhormonus – **estrogēnus** un **progesteronu**.

Olnīcu cikls

Olnīcu cikls ir raksturots 15.9. attēlā, kurā parādīts olnīcas gargriezums. Olnīcās ir daudzi **folikuli** (lat. *folliculus* – soma); katrā no tiem ir viens oocīts. Piedzimstot meitenei ir aptuveni 2 miljoni folikulu, bet pubertātes laikā to skaits ir samazinājies līdz 300 000 vai 400 000. Tikai neliels folikulu skaits (aptuveni 40 000) nobriest un veido oocītus.

Nobriešanas laikā folikuls no primārā folikula kļūst par sekundāro folikulu, tad par Grāfa pūslīti. Ooģenēzes laikā sekundārajā folikulā rodas sekundārais oocīts, kurā ir puse no hromosomām. Sekundārajā folikulā sekundārais oocīts tiek nobidīts ar šķidrumu pildītā dobuma vienā pusē. Grāfa pūslīti ar šķidrumu pildītais dobums tā palielinās, ka folikuls piepūšas kā balons, iespiežas olnīcas sienā un pārplīst, atbrīvojot sekundāro oocītu kopā ar folikulārā epitēlija šūnām. Sekundārā oocīta atbrīvošanos no Grāfa pūslīša sauc par **ovulāciju**.

Ooģenēze tiek pabeigta tikai tad, ja oocītu apaugļo spermatozoīds. Pa to laiku folikuls pārvēršas par dzelteno ķermeni (lat. *corpus* – ķermenis un *luteus* – dzeltens). Ja nav notikusi apaugļošanās un nesākas grūtniecība, dzeltenais ķermenis deģenerējas aptuveni pēc desmit dienām.



15.9. attēls. Olnīcu cikls

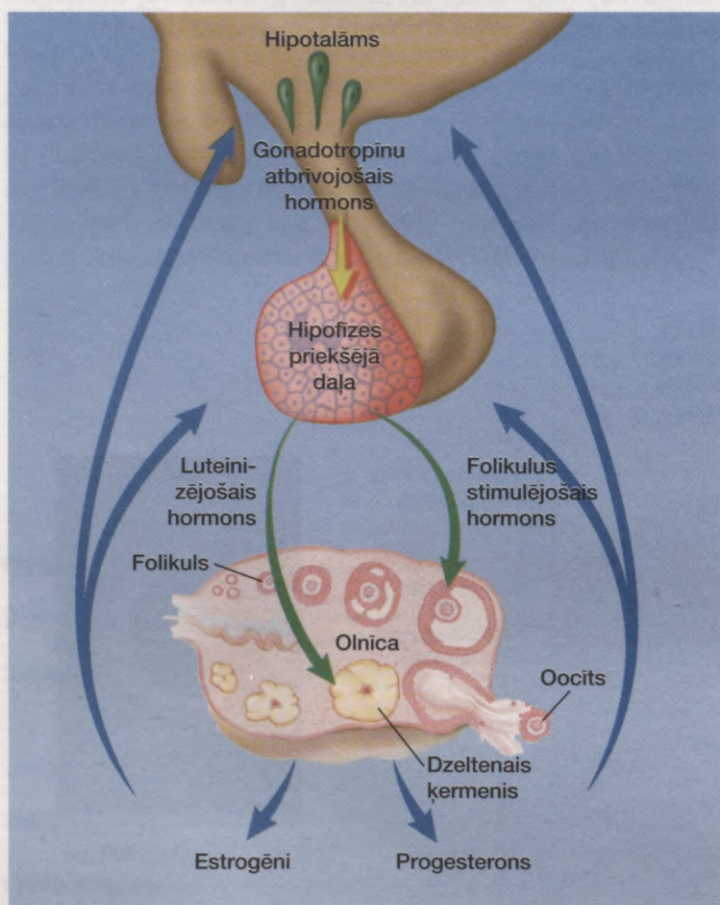
Kad folikuls nobriest, oocīts palielinās un to apņem folikulārās šūnas un šķidrums. Ovulācijas laikā nobriedis folikuls plīst un oocīts atbrīvojas. Katrs folikuls parasti iziet visas attīstības stadijas, atradami vienā un tajā pašā olnīcas vietā.

15.3. tabula

Vienkāršots olnīcu un dzemdes cikls

Olnīcu cikls	Norises	Dzemdes cikls	Norises
Folikulārā fāze – 1.–13. diena	Folikulus stimulējošais hormons Folikulu nobriešana Estrogēni	Menstruācija 1–5 dienas Vairošanās jeb proliferatīvā fāze 6–13 dienas	Endometrijs noārdās Endometrijs atajunojas
Ovulācija – 14. diena*	Visvairāk luteinizējošā hormona		
Dzeltenā ķermeņa fāze – 15.–28. diena	Luteinizējošais hormons Dzeltenais ķermenis Progesterons	Sekretorā fāze 15–28 dienas	Endometrijs kļūst biezāks, un darbojas dziedzeri

* 28 dienu cikls



15.10. attēls. Olnīcu darbības hormonālā regulācija

Gonadotropīnu atbrīvojošais hormons stimulē folikulus stimulējošā hormona un luteinizējošā hormona izdalīšanos no hipofīzes priekšējās daļas. Šie gonadotropiskie hormoni iedarbojas uz olnīcām. Folikulus stimulējošais hormons veicina folikula attīstību, kas vēlāk luteinizējošā hormona ietekmē kļūst par dzelteno ķermeni. Hormonu daudzums tiek regulēts ar negatīvās atgriezeniskās saites mehānismu.

Olnīcu ciklu regulē gonadotropie hormoni – folikulus stimulējošais hormons un luteinizējošais hormons (15.10. att.; 15.3. tab.). Gonadotropo hormonu daudzums dažādos cikla posmos ir atšķirīgs. Vienkāršoti var teikt, ka cikla pirmā puse ir folikulārā fāze, kuras laikā folikulus stimulējošais hormons

veicina folikulu attīstību. Savukārt folikuli izdala estrogēnus. Pieaugot estrogēnu līmenim asinīs, sākas hipofīzes priekšējās daļas izdalītā folikulus stimulējošā hormona atgriezeniskā kontrole un līdz ar to beidzas folikulārā fāze.

Iespējams, ka augstais estrogēnu līmenis asinīs liek hipotalāmam pēkšņi izdalīt lielā daudzumā gonadotropīnu atbrīvojošo hormonu. Tā rezultātā hipofīzes priekšējā daļa izdala ļoti daudz luteinizējošo hormonu. Tāpēc aptuveni 14. dienā notiek ovulācija, ja menstruālais cikls ilgst 28 dienas (15.11. att.).

Otrajā olnīcu cikla pusē jeb dzeltenā ķermeņa fāzē luteinizējošais hormons veicina dzeltenā ķermeņa attīstību, bet tas savukārt izdala progesteronu, kas sekmē dzemdes iekšējās kārtas atjaunošanos. Kad asinīs pieaug progesterona daudzums, iedarbojas atgriezeniskās kontroles mehānisms, kas pārtrauc luteinizējošā hormona izdalīšanos no hipofīzes priekšējās daļas, un dzeltenais ķermenis sāk deģenerēt. Dzeltenā ķermeņa fāzes beigās notiek menstruācija.

Katru mēnesi olnīcas folikulā veidojas sekundārais oocīts. Pēc ovulācijas folikuls kļūst par dzelteno ķermeni.

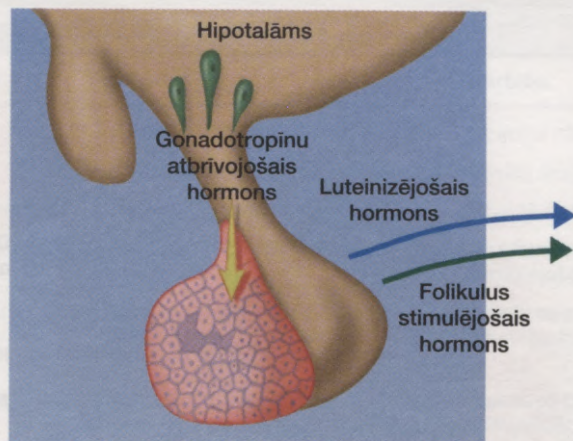
Dzemdes cikls

Sievīšķajiem dzimumhormoniem estrogēnam un progesteronam ir daudzveidīgas funkcijas. Šo hormonu ietekmē dzemdes endometrija notiek cikliskas pārmaiņas, ko sauc par dzemdes jeb menstruālo ciklu (15.3. tab.; 15.11. att.). Divdesmit astoņu dienu cikls sadalās šādi.

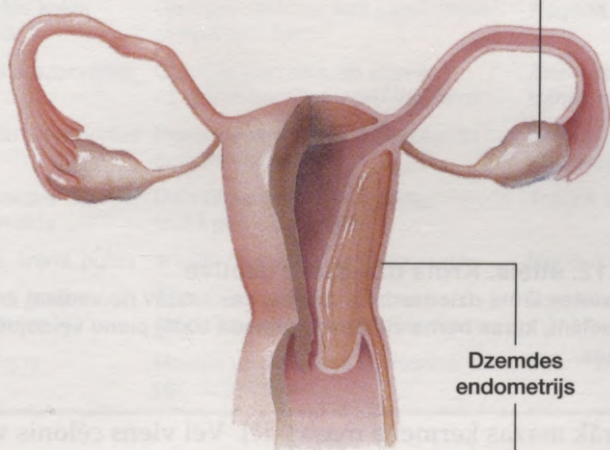
Pirmo piecu dienu laikā organismā ir zems sievišķo dzimumhormonu līmenis. Tas rada dzemdes iekšējās kārtas sairšanu un asinsvadu pārtrūkšanu. Menstruālās asinis jeb menses **menstruācijas** (lat. *menstrualis* – katru mēnesi notiekošs) laikā tiek izvadītas laukā caur maksti.

6.–13. dienā olnīcas folikuls palielina estrogēnu izdalīšanu, endometrijs kļūst biezāks, tajā attīstas asinsvadi un dziedzeri. Šo procesu sauc par vairošanās jeb proliferatīvo fāzi.

Ovulācija 28 dienu ciklā parasti notiek 14. dienā.



Hipofīzes priekšējā daļa

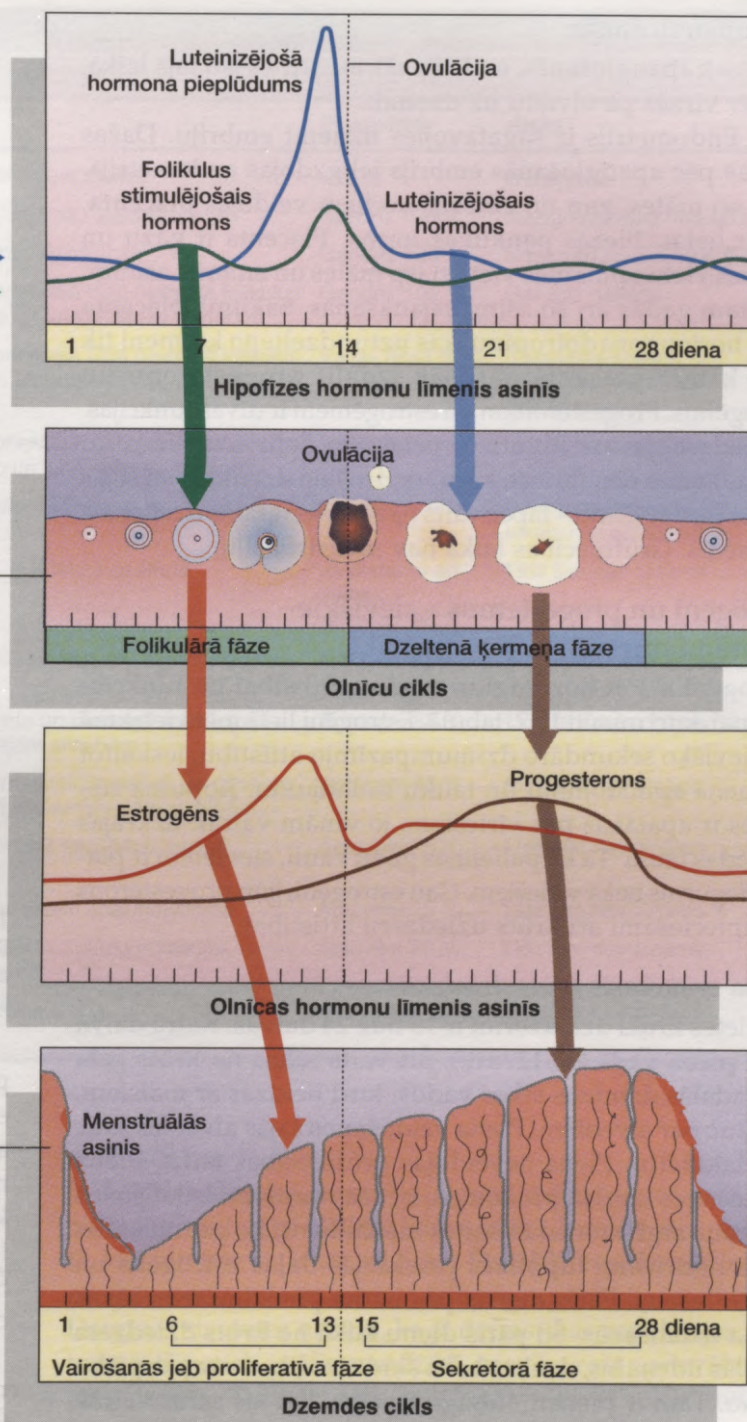


Dzemes endometrijs

15.11. attēls. Sievišķo hormonu līmenis olnīcu un dzemdes cikla laikā

Olnīcu cikla folikulārā fāzē folikulus stimulējošais hormons, ko izdala hipofīzes priekšējā daļa, veicina folikula nobriešanu olnīcā. Olnīcas folikuls pastiprināti izdala estrogēnu, kas liek dzemdes vairošanās jeb proliferatīvajā fāzē endometrijam kļūt biezākam. Pēc ovulācijas un olnīcas cikla dzeltenā ķermeņa fāzē luteinizējošais hormons veicina dzeltenā ķermeņa veidošanos. Dzeltenais ķermenis pastiprināti izdala progesteronu; rezultātā endometrijs kļūst sekretors. Kad pazeminās progesterona līmenis, sākas menstruācija.

15.–28. dienas laikā dzeltenais ķermenis pastiprina progesterona izdalīšanu, tāpēc endometrijs kļūst divkārt biezs; nobriest dzemdes dziedzeri, kas izdala biezas glotas. Šo fāzi sauc par dzemdes cikla sekretoro fāzi. Tagad endometrijs ir gatavs uzņemt embriju. Ja grūtniecība nav iestājusies, dzeltenais ķermenis deģenerējas, bet zems sievišķo



dzimumhormonu līmenis izraisa dzemdes iekšējās kārtas noārdīšanos. Tad sākas menstruācija. Jau menstruācijas laikā hipofīzes priekšējā daļa sāk pastiprināt folikulus stimulējošā hormona veidošanu, un sāk nobriest jauns folikuls. 15.3. tabulā ir paskaidrots, kā olnīcu cikls regulē dzemdes ciklu.

Pēc apaugļošanās

Ja notiek apaugļošanās, embrijs sāk attīstīties jau tajā laikā, kamēr virzās pa olvadu uz dzemdi.

Endometrijs ir sagatavojies uzņemt embriju. Dažas dienas pēc apaugļošanās embrijs ieligzdojas endometrijā. Gan no mātes, gan no embrija audiem veidojas **placenta**. Tai ir lielas, biezas pankūkas forma. Placenta ir gāzu un barības vielu apmaiņas vieta starp mātes un embrija asinīm. Paretam gadās arī šo asiņu sajaukšanās. Sākumā placenta ražo horiongonadotropīnu, kas uztur dzelteno ķermeni tik ilgi, kamēr placenta pati sāk izdalīt progesteronu un estrogēnus. Progesteronam un estrogēniem ir divas funkcijas. Tie iedarbojas uz hipofīzes priekšējo daļu – tāpēc jauni folikuli vairs nenobriest, kā arī nodrošina dzemdes iekšējās kārtas pastāvēšanu – tāpēc vairs nav nepieciešams dzeltenais ķermenis. Grūtniecības laikā nav menstruāciju.

Estrogēni un progesterons – sievišķie dzimumhormoni

Estrogēni ir ļoti nozīmīgi to orgānu attīstībai un funkcionēšanai, kuri minēti 15.2. tabulā. Estrogēni lielā mērā ietekmē arī sievišķo sekundāro dzimumpazīmju attīstību, ieskaitot ķermeņa apmatojumu un tauku sadalījumu. Kopumā sievietes ir apaļākas par vīriešiem, jo viņām vairāk uzkrājas zemādas tauki. Tā kā palielinās gūžu kauli, sievietēm ir plātāks iegurnis nekā vīriešiem. Gan estrogēni, gan progesterons ir nepieciešami arī krūts dziedzeru attīstībai.

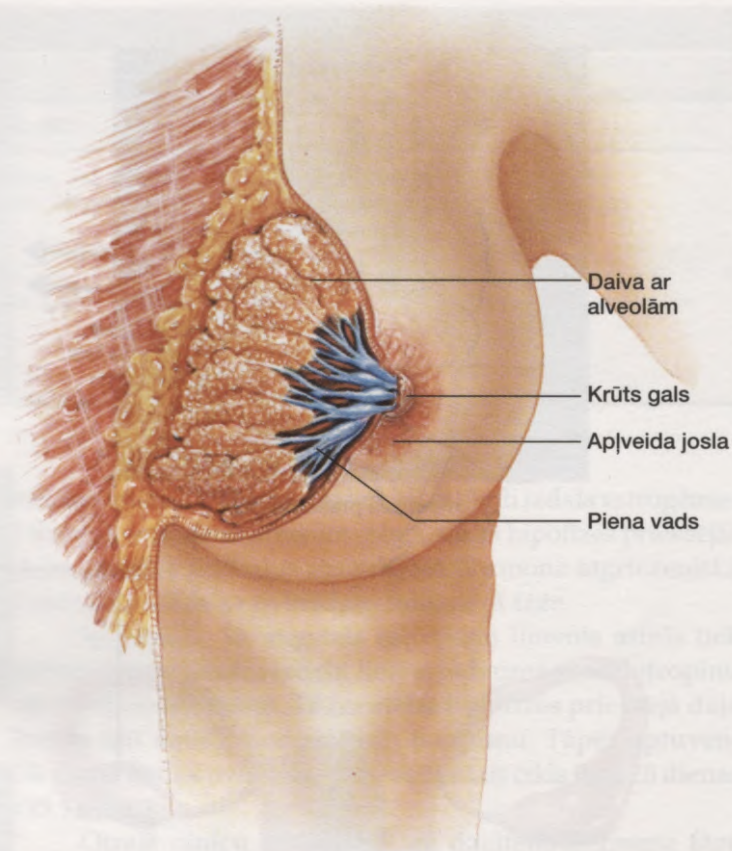
Piena veidošanās krūts dziedzerī

Sievietes krūts dziedzerim ir 15 līdz 24 daivas. Katrā daivā ieiet piena vads (15.12. att.). Šis vads sākas no krūts gala un sadalās daudzos sīkos vados, kuri beidzas ar maisiņiem, ko sauc par alveolām. Piena veidošanos šajās alveolās sauc par **laktāciju**. Piens neveidojas grūtniecības laikā. Piena veidošanos izraisa prolaktīns, bet šā hormona izdalīšanos pārtrauc atgriezeniskās saites mehānisms, ko grūtniecības laikā nodrošina hipofīzes priekšējās daļas estrogēns un progesterons. Pāris dienas pēc bērna piedzimšanas sākas piena izdalīšanās. Šo pāris dienu laikā no krūts dziedzera izdalās ūdeņains, dzeltenbalts šķidrums, ko sauc par pirmpienu. Tam ir pienam līdzīgs sastāvs, bet tas satur vairāk proteīnu un mazāk tauku. Gan pirmpienā, gan pienā ir daudz IgA antivielas, tāpēc tas zināmā mērā var nodrošināt jaundzimušajam bērnam imunitāti.

Krūts dziedzera vēzis ir pati izplatītākā vēža forma. Sievietēm ir regulāri jāpārbaudās, vai krūtīs nav sacietējumu. Ir jāizdara mammogrammas (rentgenfotogrāfijas), ja to iesaka ārsts.

15.4. Cilvēka vairošanās iespējas

Galvenie iemesli sieviešu neauglībai ir slēgti olvadi (parasti pēc seksuāli transmisīvas slimības) vai ovulāciju trūkums



15.12. attēls. Krūts dziedzera uzbūve

Sievietes krūts dziedzerim ir daivas, kas sastāv no vadiem un alveolām, kuras bērna zīdīšanas periodā izklāj pienu veidojošas šūnas.

pārāk mazas ķermeņa masas dēļ. Vēl viens cēlonis var būt endometrioze – dzemdes audu iespiešanās olvadā. Ja nav acīmredzama neauglības iemesla un ķermeņa masa ir normāla, ir iespējams saņemt hormonu horiongonadotropīnu, kas iegūts no grūtnieces urīna, kopā ar gonadotropīnu, kas iegūts no sievietes urīna, kurai ir iestājusies menopauze. Šāda ārstēšana izraisa daudzas ovulācijas, dažkārt arī daudzas grūtniecības.

Vīriešu sterilitātes biežākie iemesli ir pārāk mazs spermatozoīdu daudzums un liels skaits nenormālu spermatozoīdu. Šādu stāvokli var radīt slimības, radiācija, ķīmiskie mutagēni, pārāk liels karstums sēklinieku apvidū, narkotisko vielu lietošana.

Ja grūtniecība neiestājas, tiek izmantotas alternatīvas metodes, piemēram, mākslīgā apaugļošana (spermu makstī ievada ārsts), apaugļošana ārpus organisma (apaugļošana notiek mēģenē, un zigota tiek ievietota dzemdē), izvēlas aizstājējmatēti (bērnu iznēsā cita sieviete).

Dzimstības regulācijas metodes

Dažkārt cilvēki vēlas izvairīties no grūtniecības. Visdrošākā metode, kā izvairīties no grūtniecības, ir atturēties no dzi-

15.4. tabula

Izplatītākās dzimstības regulācijas metodes

Nosaukums	Procedūra	Darbība	Efektivitāte	Risks
Atturība	Atturēšanās no dzimumattiecībām	Sperma nenokļūst makstī	100 %	Nekāds
Vasektomija	Sēklvadu pārgriešana vai aizsīšana	Sēklas šķīdumā nav spermatozoīdu	Gandrīz 100 %	Neatgriezeniska neauglība
Olvadu nosīšana	Olvadu pārgriešana vai aizsīšana	Olvadā nenonāk olšūnas	Gandrīz 100 %	Neatgriezeniska neauglība
Orālā kontracepcija	Hormonu preparātu lietošana katru dienu	Hipofīzes priekšējā daļa neizdala folikulus stimulējošo un luteinizējošo hormonu	Gandrīz 100 %	Gandrīz nekāds
Depo-Provera injekcija	Četras progesteronam līdzīgas injekcijas gadā	Hipofīzes priekšējā daļa neizdala folikulus stimulējošo un luteinizējošo hormonu	Vairāk nekā 90 %	Iespējams saslimt ar krūts dziedzera vēzi un osteoporozi
Kontraceptīvie implantāti	Caurulītes ar progestīnu (progesterona forma), kas implantētas zem ādas	Hipofīzes priekšējā daļa neizdala folikulus stimulējošo un luteinizējošo hormonu	Vairāk nekā 90 %	Līdz šim nav zināms
Dzemes spirāles	Plastmasas spirāle, ko ārsts ievada dzemdē	Traucē implantāciju	Vairāk par 90 %	Infekcijas (iegurņa iekaisuma slimības)
Diafragma	Gumijas uzdeva, ko makstī ievada pirms dzimumakta, lai nosegtu dzemdes kaklu	Neļauj spermai iekļūt dzemdē	Ja izmanto arī želeju, – aptuveni 90 %	Līdz šim nav zināms
Dzemes kakla uzdeva	Gumijas uzdeva, kas piesūcināta ar spermicīdiem	Nogādā spermicīdus pie dzemes kakla	Gandrīz 85 %	Dzemes kakla vēzis
Viriešu prezervatīvs	Gumijas pārvalks, ko uzvelk uz dzimumorgāna erekcijas laikā	Aiztur spermu un pasargā no seksuāli transmisīvajām slimībām	Aptuveni 85 %	Līdz šim nav zināms
Sieviešu prezervatīvs	Poliuretāna ieliktnis, kas piegulst maksts sienām	Neļauj spermai iekļūt makstī un pasargā no seksuāli transmisīvajām slimībām	Aptuveni 85 %	Līdz šim nav zināms
Pārtrauktais dzimumakts	Dzimumloceklis tiek izvilkts laukā pirms erekcijas	Traucē spermas iekļūšanu makstī	Aptuveni 75 %	Līdz šim nav zināms
Želejas, krēmi, putas	Ievada makstī pirms dzimumakta	Nonāvē lielu skaitu spermatozoīdu	Aptuveni 75 %	Līdz šim nav zināms
Dabiskā ģimenes plānošana	Dažādas metodes, ar kuru palīdzību nosaka ovulācijas dienu	Dzimumattiecības plāno noteiktās mēneša dienās	Aptuveni 70 %	Līdz šim nav zināms
Skalošana	Maksts un dzemes skalošana pēc dzimumakta	Spermas izskalošana	Mazāk par 70 %	Līdz šim nav zināms

mumakta. Tas palīdz izvairīties arī no seksuāli transmisīvajām slimībām. Pārējās metodes, ko visbiežāk izmanto, lai izvairītos no nevēlamas grūtniecības, ir uzskaitītas 15.4. tabulā. Metodes efektivitāte iegūta, uzskaitot tās sievietes, kuras gada laikā nav palikušas stāvoklī, lietojot konkrēto metodi, lai gan viņām ir bijuši regulāri dzimumsakari. Sieviešu un vīriešu prezervatīvi zināmā mērā pasargā arī no seksuāli transmisīvajām slimībām.

Pētnieki ir daudz strādājuši, lai radītu kontraceptīvās tabletes. Gonadotropīna atbrīvojošo hormonu analogi neļauj hipotalāmam stimulēt hipofīzes priekšējās daļas darbību. Zemais testosterona līmenis asinīs rada feminizāciju, kas ir galvenais šīs metodes trūkums. Hormons inhibē arī var tikt lietots, lai kavētu vīriešiem spermatoģenēzi. Šis hormons ir jāinjicē.

Rīta tabletes

Ir dažādas tabletes, kuras vai nu novērš apaugļošanu, vai neļauj apaugļotajai olšūnai ieligzdoties dzemdē atkarībā no tā, kad sieviete tās ir sākusi lietot. Šīs tabletes satur sintētisko progesteronu un estrogēnu. Lietojamas pēc ārsta ieteikuma. Daudzas sievietes nezina, ka šī dzimstības regulācijas metode, ja tā notiek ārsta uzraudzībā, var pasargāt no nevēlamas grūtniecības. Dažkārt zāļu lietošana var radīt nelabumu vai vemšanu.

Mefipristons (RU-486) ir medikaments (tabletes), kura lietošana izraisa embriju, kas ir jau ieligzdojies, bojāeju, bloķējot dzemdes sienas šūnu progesterona receptorus. Ja šie receptori nefunkcionē, dzemdes iekšējā kārtā atslāņojas kopā ar embriju. Ja šīs tabletes lieto kopā ar prostaglandīnu (viela, kas izraisa dzemdes kontrakcijas), efektivitāte ir 95 %.

Uzziniet tuvāk

► Seksuāli transmisīvās slimības

Seksuāli transmisīvās slimības (STS) izraisa dažādi organismi, sākot no vīrusiem un beidzot ar posmkājiem. Aplūkosim tikai dažas vīrusu un baktēriju izraisītās seksuāli transmisīvās slimības. Nezināmu iemeslu dēļ cilvēkiem neveidojas ilgstoša imunitāte ne pret vienu no STS. Ja ir notikusi saslimšana ar šīm slimībām, nepieciešama tūlītēja medicīniskā palīdzība. Izvairīties no STS palīdz gumijas prezervatīvi. Papildu aizsardzību dod vienlaicīga spermicīda nonoksi-nola 9 lietošana.

Ir grūti ārstēt vīrusu izraisītās STS, piemēram, AIDS, dzimumorgānu herpes un kārpas, taču ārstēšana saslīmušajiem ir nepieciešama. Baktēriju izraisītās STS, piemēram, gonoreju, hlamidiozi un sifilisu, ārstē ar antibiotikām.

No AIDS var izvairīties

Iegūtā imūndeficīta sindroma (AIDS) izraisītājs ir cilvēka imūndeficīta vīruss (HIV). Šis vīruss uzbrūk noteikta veida limfocītiem, kurus sauc par T-limfocītiem. Tie veicina B-limfocītu, kuri rada antivielas, aktivitāti. Pēc inficēšanās ar HIV sāk samazināties T-limfocītu skaits, cilvēks kļūst daudz uzņēmīgāks pret dažāda veida infekcijām.

Simptomi

Ir trīs AIDS stadijas – A, B un C. A stadija ilgst aptuveni gadu; slimnieks ir slimības nesējs, bieži vien bez jebkādam slimības pazīmēm. Jau tūdaļ pēc inficēšanās (pirms vēl asiņu pārbaude uzrāda pozitīvu rezultātu) asinīs ir liels skaits vīrusu, kuri var tikt nodoti citai personai. Arī pēc tam, kad asiņu tests uzrāda infekciju, cilvēks var justies labi. Tā tas turpinās tik ilgi, kamēr 1 m³ asiņu saglabājas vairāk par 500 T-limfocītu. B stadijas laikā, kura var ilgt sešus vai pat astoņus gadus, uztūkst limfmezgli, cilvēks zaudē svaru, naktīs svīst, nogurst, ir drudzis un caureja. Atkārtoti parādās pienēde (balti plankumi uz mēles un mutē) un herpes izsitumi. Visbeidzot var iestāties C stadija, kurai pilnībā ir raksturīgas visas AIDS

pazīmes – nervu sistēmas darbības traucējumi un oportunistisko slimību, piemēram, pneimonijas vai ādas vēža attīstība. Oportunistiskās slimības parādās tikai indivīdiem, kuriem ir zemas spējas cīnīties ar infekcijām. Bez intensīva ārstēšanas kursa AIDS slimnieks parasti nomirst septiņus līdz deviņus gadus pēc inficēšanās. Veicot kombinēto zāļu terapiju, pacienta mūžs var būt ilgāks.

Inficēšanās

Inficēšanās ar AIDS notiek seksuālu kontaktu ceļā – gan vaginālu, gan rektālu un orālu dzimumkontakta ceļā. Liels riska faktors ir arī kopēju injekcijas adatu lietošana narkomānu vidū. Retāk gadās, ka slimība tiek pārnesta ar asiņu vai asins recēšanas faktoru starpniecību. Valstīs, kur donoru asinīs pārbauda HIV, tas notiek reti.

HIV vispirms izplatījās homoseksuālistu vidū, arī pašlaik vīriešu seksuālie kontakti ir galvenais saslimšanas ar AIDS cēlonis. Strauji palielinās HIV infekcijas izplatīšanās heteroseksuālu kontaktu un intravenozas narkotiku lietošanas dēļ. Pašlaik 19 % jaunatklāto AIDS slimnieku ir sievietes. Vienlaikus palielinās arī HIV inficēto bērnu skaits, kuri ir jaunāki par 13 gadiem. Bērni, kas piedzimst HIV inficētām sievietēm, var inficēties grūtniecības, dzemdību vai zīdīšanas laikā.

Dzimumorgānu kārpas var radīt vēzi

Dzimumorgānu kārpas var izraisīt cilvēka papillomu vīruss. Bieži vien vīrusu nēsātājiem kārpas nemaz neparādās vai arī viņiem ir tikai līdzens bojājums. Kārpas parasti ir uz vīrieša dzimumorgāna vai uz priekšādiņas vai netālu no sievietes maksts atveres. Jaundzimušais bērns var inficēties no mātes dzemdību laikā.

Pagaidām nav ārstniecības līdzekļu pret papillomu vīrusu, bet kārpas var ārstēt ķirurģiski, piesaldējot, ar skābes aplikācijām vai piededzinot – atkarībā no tā, cik smags ir stāvoklis. Kaut arī kārpas likvidē, tās var atjaunoties. Dzimumorgānu kārpas var vei-

cināt dzemdes kakla vēža, kā arī maksts, anālās atveres vai dzimumorgānu audzēja rašanos. Daļa pētnieku domā, ka dzemdes kakla vēzis 90–95 % gadījumu ir saistīts ar šo vīrusu.

Dzimumorgānu herpes izsitumi var atkārtoties

Herpes vīrusam ir divi tipi. Pirmais tips parasti rada aukstumpumpas un drudža čulgas, bet otrais tips izraisa dzimumorgānu herpes izsitumus.

Ar herpes vīrusa otro tipu parasti inficējas pusaudža vecumā. Daļai inficēto cilvēku nav nekādu simptomu. Pirms čulgu parādīšanās var būt tirpšanas vai niezēšanas sajūta dzimumorgānos. Kad čulga plīst, tās vietā paliek sāpīga čūla, kas sadzīst piecu dienu līdz trīs nedēļu laikā. Vienlaikus ar čulgām var būt arī drudzis un sāpes urinējot, uztūkuši cirkšņu limfmezgli, kā arī pastiprināti izdalījumi sievietēm. Šajā laikā pastāv lielāks risks inficēties ar HIV.

Kad čūlas sadzīst, slimība kļūst latentā. Čulgas var parādīties atkārtoti. Tad slimības simptomi var būt mazāk izteikti. Drudzis, stress, sauļošanās un menstruācijas var atkārtoti izraisīt slimības simptomus. Herpes čulgas dzemdību ceļos var būt jaundzimušā inficēšanās cēlonis. Viņam var rasties nervu sistēmas darbības traucējumi vai pat iestāties nāve. Dzemdības ar ķeizargrieziena palīdzību novērš šādu iespējamību.

Hepatīts

Ir vairākas hepatīta formas. Hepatīta veidus un tā izraisītājus vīrusus apzīmē ar burtiem. Hepatītu A parasti iegūst no dzeramā ūdens, ja tajā iekļuvuši notekūdeņi, bet to var iegūt arī vaginālu vai orālu dzimumkontakta ceļā. Hepatīts B izplatās tādā pašā veidā kā AIDS. Tas ir vairāk infekciozs. Nav vakcīnas, kas pasargātu no hepatīta B. Hepatītu C parasti iegūst pēc asins pārlišanas. Hepatīta infekcija izraisa aknu infekciju, kuras rezultātā aknas var noārdīties, var rasties aknu vēzis vai iestāties nāve.

Hlamīdiju infekcija

Hlamīdiju infekciju rada sīka baktērija *Chlamydia trachomatis*. Iespēja saslimt ar hlamīdiju infekciju ir lielāka nekā ar citām seksuāli transmisīvajām slimībām (15.B. att.).

Hlamīdiju infekcija dzimumorgānos parasti noris ar neizteiktiem simptomiem vai, īpaši sievietēm, pilnīgi bez tiem. Aptuveni 8 līdz 21 dienu pēc inficēšanās vīriešiem var būt nedaudz dedzinoša sajūta urinējot. Sievietēm var būt izdalījumi no maksts un urīnceļu iekaisuma pazīmes. Arī šī slimība palielina risku saslimt ar AIDS, jo rada čūlas uz dzemdes kakla.

Ja infekcija ir nepareizi diagnosticēta vai arī cilvēks nav meklējis medicīnisko palīdzību, pastāv risks, ka infekcija var izplatīties no dzemdes kakla uz olvadiem, radot neauglību. Ja bērns dzemdību laikā inficējas (nonāk saskarē) ar hlamīdijām, viņam var rasties acu iekaisums vai pneimonija.

Gonoreja

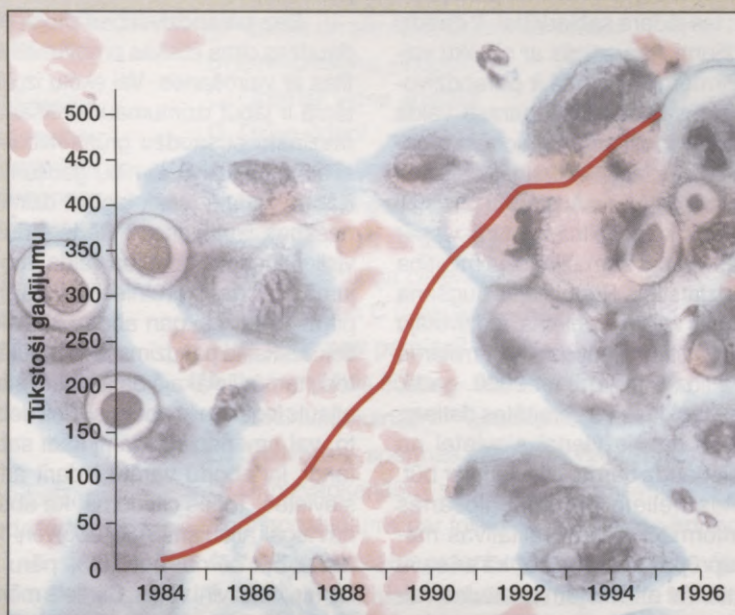
Gonoreju izraisa baktērija *Neisseria gonorrhoeae*. To ir viegli diagnosticēt vīriešiem, jo viņiem ir izteikta sāpju sajūta urinējot, bet no urīnceļiem izdalās biezas, dzeltenzaļas gļotas. Gan sievietēm, gan vīriešiem latentā infekcija rada iegurņa iekaisumu, rezultātā tiek skarti arī sēklvadi vai olvadi. Iekaisušajiem vadiem sadzīstot, tie var pilnībā vai daļēji aizaugt ar rētaudiem; var attīstīties neauglība. Ja sieviete slimošanas laikā gaida bērnu, viņam var sākties acu infekcija, kas rada aklumu. No tā var izvairīties, pilinot jaundzimušajam acis zāles.

Gonoreja var skart arī anālo atveri. Tad cilvēkam ir sāpes tūplī, asiņaini izdalījumi vai strutainas fekālijas. Orālie dzimumkontakti var radīt infekciju mutē, rīklē, kā arī mandeļu iekaisumu. Gonoreja var izplatīties uz iekšējiem orgāniem, izraisot sirds bojājumus vai artrītu. Ja cilvēks aizskar ar rokām slimus dzimumorgānus, bet pēc tam – acis, var iegūt smagu acu infekciju. Līdz šim gonoreju ārstēja ar antibiotikām, bet aizvien biežāk ir gadījumi, kad slimības izraisītāji

15.B. attēls. Hlamīdiju infekcija

Grafikā attēlots inficēšanās gadījumu skaits ar hlamīdijām Amerikas Savienotajās Valstīs no 1984. līdz 1995. gadam. Fonā redzama šūna, kurā ir hlamīdijas dažādās attīstības stadijās.

Avots – Seksuāli transmisīvo slimību uzraudzības dienesta (1994) un Slimību kontroles un profilakses centra Atlantā (1995. gada septembris) dati.



kļūst nejutīgi pret tām. No visiem baktēriju celmiem 40 % nepakļaujas ārstēšanai.

Sifilisa trīs stadijas

Sifilisu izraisa baktērija bālā treponēma (*Treponema pallidum*). Starp trim sifilisa stadijām ir izteikti latentie periodi. Pirmajā stadijā parādās cietais šankrs (čūla ar cietām malām). Otrajā stadijā uz visa ķermeņa parādās izsitumi. Tie ir pat uz roku delnām un kāju pēdām. Trešajā stadijā sifiliss skar sirds un asinsrites sistēmu un nervu sistēmu. Inficētais cilvēks var būt garīgi slims, akls, pārvietoties šūcot un kļūt vājprātīgs. Uz ādas vai iekšējos orgānos parādās lielas čūlas. Sifilisa baktērija caur placentu var iekļūt bērna organismā – bērns piedzimst ar traucējumiem vai iedzimtu sifilisu. Atšķirībā no citām STS sifilisu var diagnosticēt ar asiņu testa palīdzību.

Sifiliss ir ļoti postoša slimība. Atklājot katru jaunu saslimšanas gadījumu, ir nepieciešams nekavējoties uzsākt visu to personu ārstēšanu, kurām ir bijuši dzimumkontakti ar saslimušo personu.

Vaginīts jeb maksts iekaisums

Sievietes var saslimt ar vaginītu, ko izraisa vienšūnis *Trichomonas vaginalis* vai sēne *Candida albicans*. Pirmajā gadījumā no maksts izdalās putojoši balti vai dzeltenīgi nepatīkamas smakas izdalījumi, ir nieze. Otrajā gadījumā ir balti, skābas smakas izdalījumi, arī nieze. Trihomonas visbiežāk iegūst seksuālo kontaktu ceļā, un partneris parasti ir slimības nesējs. Sēne *Candida albicans* vienmēr ir atrodama makstī, bet noteiktos apstākļos tā strauji savairojas. Biežāk šī infekcija parādās sievietēm, kuras lieto kontraktīvās tabletes vai ārstējas ar antibiotikām.

Pārskats

Šis nodaļas sākumā tika konstatēts, ka zinātne nenodarbojas ar ētikas jautājumu risināšanu; tas jā dara sabiedrībai. Ir daudzi ētikas jautājumi, kas saistīti ar cilvēku vairošanos. Pirmām kārtām tā ir pārapdzīvotības problēma. Sabiedrībā parasti valda uzskats, ka pārapdzīvotība ir globāla problēma. Būtībā populācija industriāli attīstītās Eiropas valstīs, daļā Tālo Austrumu un daļēji arī Ziemeļamerikā palielinās lēnām, vispār nepalielinās vai pat samazinās, ja mirstība pārsniedz dzimstību. Populācijas augšana ir jaunattīstības valstu problēma. Iedzīvotāju skaits šajās valstīs ir pieaudzis no 1 miljarda 1900. gadā līdz 5 miljardiem 2000. gadā. Pēc Džona Hopkinsa universitātes datiem, jaunattīstības valstīs vienai sievietei no piecām ir tik daudz bērnu, cik vien var būt. Šīs sievietes nelieto pretapaugļošanās līdzekļus informācijas un kvalitatīvas medicīniskās aprūpes trūkuma dēļ, kā arī savu vīru ietekmē. Vai attīstītajām pasaules valstīm nevajadzētu sniegt palīdzību dzim-

stības regulācijas un medicīnisko pakalpojumu ziņā?

Bez pārapdzīvotības problēmas ir vēl daudzas citas ētikas problēmas, kas saistītas ar vairošanos. Vai skolu izglītības sistēmā ir jābūt dzimumaudzināšanai, lai samazinātu pusaudžu grūtniecības un seksuāli transmisīvo slimību gadījumu skaitu? Kādā vecumā jāsāk izglītot dzimumaudzināšanas jautājumos? Pēdējā desmitgadē vislielākā nevienprātība valda abortu jautājumā. Aborts ir grūtniecības pārtraukšana pirms laika. Lai gan abortu izraisīšana netiek uzskatīta par dzimstības regulācijas metodi, tomēr lielākajā daļā valstu sievietēm ir atļauts legāli veikt abortus. Tiek debatēts par to, vai nav nepieciešami kādi sabiedriskie fondi, lai abortu varētu izdarīt arī trūcīgas sievietes. Toties citi domā, ka aborti vispār nav legāli atļaujami. ASV aptuveni 15% pāru nevar būt bērnu, bet 10% pāru ir mazāk bērnu, nekā viņi vēlas. Cik lielā mērā sabiedrībai ir jāpalīdz šiem pāriem iegūt bērnus?

Vai morāle atļauj izmantot apaugļošanas mēģenē un gēnu terapijas izmantošanu, lai nodrošinātu vesela bērna piedzimšanu? Vai sabiedrībai ir jānorāda vecuma ierobežojumi bērnu radīšanai? Mūsdienās sievietēm, kurām jau kādu laiku ir iestājusies menopauze, ar hormonu terapijas palīdzību var ievietot dzemdē mēģenē apaugļotu olšūnu.

Ilgu laiku biologi uzskatīja, ka zīdītāju klonēšana nav iespējama, bet Skotijas pētniekiem ir izdevies klonēt aitu no nobriedušas diploīdas šūnas. Tāpēc pastāv iespēja, ka ar laiku klonēšana varētu kļūt arī par cilvēku pavairošanas metodi. Klonēšanas procedūra, kuru veica Skotijas pētnieki, ir aprakstīta 263. lappusē. Tās rezultātā tiek iegūts mazulis ar tieši tādiem pašiem gēniem, kādi ir indivīdam, no kura ir ņemta šūna. Šis mazulis izaugs citos vides apstākļos nekā viņa sencis. Tie paši ētiskie apsvērumi, kuri ir apaugļošanai mēģenē, ir arī cilvēka klonēšanai. Vai vispār ir pieļaujams, ka cilvēks tiek klonēts?

Kopsavilkums

15.1. Dzīvnieku vairošanās

Parasti bezdzimumvairošanās ceļā rodas liels skaits pēcnācēju, kas ir identiski saviem vecākiem. Tā ir priekšrocība tad, ja vides apstākļi ir nemainīgi.

Lai notiktu dzimumvairošanās, ir nepieciešamas gametas. Dzimumvairošanās rezultātā rodas pēcnācēji, kuri ģenētiski nedaudz atšķiras no vecākiem. Tā ir priekšrocība mainīgos vides apstākļos. Dzimumdziedzeri (gonādas) ir primārie dzimumorgāni, bet spermatozoīdu uzkrāšanās vai dzimumšūnu pārvietošanās ir iesaistīti vēl citi dzimumorgāni.

Parasti dzīvnieku olas un embriji tiek aizsargāti. Oldējējiem embrijs ir apgādāts ar dzeltenumu. Sauszemes dzīvnieku olas klāj apvalks, kas pasargā tās no izžūšanas. Dzeltenuma daudzums ir atkarīgs no tā, vai dzīvniekam ir kāpura stadija vai tās nav. Rāpuļiem un putniem ir ārusembrija apvalki, kas ļauj tiem attīstīties uz sauszemes. Šie paši apvalki pārveidotā veidā nodrošina arī zīdītāju iekšējo attīstību. Oldējējiem olas izšķīlas iekšienē, bet dzīvdzemdētājiem attīstās embrijs. Visi placentāļi ir dzīvdzemdētāji.

15.2. Vīrieša dzimumorgānu sistēma

Vīriešiem spermatozoīdi veidojas sēkliniekos, nobriest sēklinieku piedēklī un var uzkrāties sēklvados, pirms tiek ievadīti makstī kopā

ar sēklas šķidrumu, ko veido sēklinieku pūslīši, priekšdziedzeris un sīpoliņa dziedzeris. Sperma izdalās orgasma laikā no dzimumlocekļa.

Spermatoģenēze notiek sēklinieku kanāliņos, kuru intersticiālajās šūnās veidojas arī hormons testosterons. Šis hormons nodrošina primāro dzimumorgānu nobriešanu pubertātes laikā un veicina sekundāro vīrišķo dzimumpazīmju attīstību, piemēram, zemu balsi, sejas apmatojuma rašanos un muskuļu spēka palielināšanos.

Folikulus stimulējošais hormons, ko izdala hipofīzes priekšējā daļa, veicina spermatoģenēzi, bet luteinizējošais hormons stimulē testosterona veidošanos. Gonadotropīnu atbrīvojošais hormons, ko izdala hipotalāms, regulē folikulus stimulējošā hormona un luteinizējošā hormona izdalīšanos no hipofīzes priekšējās daļas. Testosterona daudzums asinīs regulē gonadotropīnu atbrīvojošā hormona un hipofīzes priekšējās daļas hormonu izdalīšanos ar negatīvās atgriezeniskās saites mehānisma palīdzību.

15.3. Sievietes dzimumorgānu sistēma

Sievietēm olnīcas veido oocītus, kas pa olvadiem nonāk dzemdē. Savukārt dzemde atveras makstī. Sievietes ārējie dzimumorgāni ir maksts atvere, klitoris, kaunums, lielās un mazās kaunuma lūpas.

Vienā no olnīcām katru mēnesi nobriest viens folikuls, kurā attīstās sekundārais oocīts. Pēc tam folikuls kļūst par dzelteno ķermeni. Šo procesu sauc par olnīcas ciklu. Folikuls un dzeltenais ķermenis ražo estrogēnus un progesteronu – sievišķos dzimumhormonus.

Dzemes cikls notiek vienlaikus ar olnīcu ciklu. Cikla pirmajā pusē (1.–13. dienā, pirms ovulācijas) hipofīzes priekšējā daļa izdala

folikulus stimulējošo hormonu, bet folikuls izdala estrogēnus, kuru ietekmē dzemdes iekšējā kārtā kļūst biezāka. Šā cikla otrajā pusē (15.–28. dienā, pēc ovulācijas) hipofīzes priekšējā daļa izdala luteinizējošo hormonu, bet folikuls ražo progesteronu, kura ietekmē dzemdes iekšējā kārtā kļūst sekretora. Hipotalāms un hipofīzes priekšējā daļa negatīvās atgriezeniskās saites ietekmē rada estrogēnu un progesterona daudzuma svārstības. Kad to līmenis ir zems, sākas menstruācija.

Ja ir notikusi apaugļošanās, veidojas zigota un sākas embrionālā attīstība. Embrijs virzās pa olvadu uz dzemdi un ieligzdojas (implantējas) dzemdes iekšējā kārtā. Veidojas placenta – apmaiņas vieta starp mātes un augļa asinīm. Vispirms placenta izdala horiongonadotropīnu, kas uztur dzelteno ķermeni, bet vēlāk tā izdala progesteronu un estrogēnus.

Progesterons un estrogēni ir sievišķie dzimumhormoni. Sākotnēji estrogēni atbild par primāro dzimumorgānu nobriešanu pubertātes laikā un veicina sekundāro sievišķo dzimumpazīmju veidošanos – mazāku ķermeņa apmatojumu, platāku iegurni un apaļāku ķermeņa formu nekā vīriešiem, kā arī krūts dziedzeru attīstību.

15.4. Cilvēka vairošanās iespējas

Pāri, kuri ir neauglīgi, liek cerības uz alternatīvām medicīnas metodēm. Tiem, kuri vēlas izsargāties no grūtniecības, tiek piedāvātas dažādas pretapaugļošanās metodes.

Pārbaudiet sevi

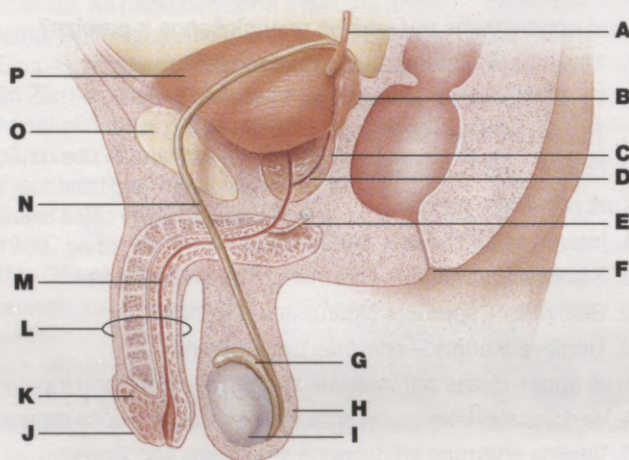
- Nosaučiet dzīvnieku bezdzimumvairošanās un dzimumvairošanās piemērus! 260. lpp.
- Kas ir primārie dzimumorgāni un papildu dzimumorgāni? Pastāstiet, ar ko sliekas vairošanās orgānu sistēma atšķiras no daudzu citu dzīvnieku vairošanās orgānu sistēmas! 260.–261. lpp.
- Raksturojiet kukaiņu attīstības ciklu, izmantojot šādus jēdzienus: iekšējā apaugļošanās, olu dēšana, kāpurs, metamorfoze! Vai kukaiņa olā ir daudz dzeltenuma? Kāpēc? 261. lpp.
- Kādu ceļu veic spermatozoīdi? Kuri dziedzeri rada sēklas šķidrumu? 264.–265. lpp.
- Raksturojiet sēklinieku uzbūvi un darbību! Aprakstiet spermatozoīdu uzbūvi! 266.–267. lpp.
- Kādi sekrēcijas (endokrīnie) dziedzeri piedalās vīrišķo dzimumpazīmju attīstības nodrošināšanā? Kādus hormonus izdala katrs no tiem? 267. lpp.
- Nosaučiet divas maksts funkcijas! 268. lpp.
- Raksturojiet olnīcu uzbūvi un darbību! Kas ir ovulācija? 269.–270. lpp.
- Raksturojiet oocīta (olšūnas) ceļu! Kur notiek apaugļošanās un ieligzdošanās? 269.–270. lpp.
- Raksturojiet sievietes organisma hormonālo regulāciju, minot, kas notiek olnīcu cikla un dzemdes cikla laikā! Kāpēc menstruācijas pārtraucas, ja ir iestājusies grūtniecība? 269.–270. lpp.
- Kuri pretapaugļošanās līdzekļi var palīdzēt izvairīties no saslimšanas ar AIDS? Kas vēl ir jāievēro, lai izvairītos no šīs saslimšanas? 273.–274. lpp.

Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

- Kas no nosauktā nodrošina dzimumvairošanos?
 - Vīrišķā un sievišķā dzimuma vecāki
 - Dzimumšūnu veidošanās
 - Optimāli vides apstākļi
 - Dzīve ūdenī
- Kurš apgalvojums par iekšējo apaugļošanos ir pareizs?
 - Tā pasargā gametu un zigotas no izžūšanas
 - Tai ir jānotiek uz sauszemes
 - Tā ir raksturīga cilvēkam
 - Gan A, gan C ir pareizā atbilde
- Kurš pāris **nav** pareizs?
 - Intersticiālās šūnas – testosterons
 - Sēklinieku kanāliņi – spermatozoīdu veidošanās
 - Sēklvads – spermas šķidruma veidošanās
 - Urīnizvadkanāls – spermas pārvadīšana
- Kurš apgalvojums par folikulus stimulējošo hormonu ir pareizs?
 - Veidojas sievietes organismā, bet neveidojas vīrieša organismā
 - Veicina spermas veidošanos sēklinieku kanāliņos
 - Tā sekrēciju regulē gonadotropīnu atbrīvojošais hormons
 - Gan A, gan C ir pareizā atbilde
- Kas ir atrodams sievietes organismā pirms ovulācijas?
 - Folikulus stimulējošais hormons, dzeltenais ķermenis, estrogēns, sekretora dzemdes iekšējā kārtā
 - Luteinizējošais hormons, folikuls, progesterons, bieza dzemdes iekšējā kārtā
 - Folikulus stimulējošais hormons, folikuls, estrogēns, sekretora dzemdes iekšējā kārtā
 - Luteinizējošais hormons, dzeltenais ķermenis, progesterons, sekretora dzemdes iekšējā kārtā
- Pirms kā atrodas sēklvads?
 - Pirms sēkliniekiem
 - Pirms priekšdziedzera
 - Pirms urīnvada
 - Pirms dzemdes
- Kur notiek oocīta apaugļošana?
 - Makstī
 - Dzemdē
 - Olvadā
 - Olnīcā
- Kas notiek grūtniecības laikā?
 - Olnīcu un dzemdes cikli notiek daudz straujāk nekā pirms tam
 - Gonadotropīnu atbrīvojošais hormons veidojas lielākā daudzumā nekā pirms tam
 - Nenotiek olnīcu un dzemdes cikli
 - Izzūd sievietes sekundārās dzimumpazīmes

9. Kurš no pretapaugļošanās līdzekļiem visefektīvāk novērš grūtniecību?
 A. Prezervatīvs
 B. Pretapaugļošanās tabletes
 C. Diafragma
 D. Spermicīda želeja
10. Paskaidrojiet, kas redzams vīrieša dzimumorgānu sistēmas zīmējumā! Norādiet spermas ceļu!



Papildjautājumi

- Lai uz sauszemes varētu notikt vairošanās, nepieciešams, lai dzīvie organismi būtu tam pielāgoti. Kā ir pielāgoti rūpuļi vairošanās procesam uz sauszemes (salīdzinājumā ar cilvēku)?
- Vairošanās procesu vairāk ietekmē hormonālā regulācija nekā nervu sistēmas regulācija. Kāpēc hormonālā regulācija ir noteicošā?

Multimediju izmantošana

Tēmu par vairošanos palīdzēs apgūt šādi multimediji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>

(izvēlieties bioloģiju)



CD-ROM disks. **The Dynamic Human**
 Reproductive System



CD-ROM disks. **Explorations in Human Biology**
 AIDS (#13)

Jēdzienu izpratne

Ārpusdīgļa apvalks 261. lpp.	Maksts 268. lpp.
Bezdzimumvairošanās 260. lpp.	Menses 270. lpp.
Cilvēka imūndeficīta vīruss (HIV) 274. lpp.	Menstruācija 270. lpp.
Dzeltenais ķermenis 269. lpp.	Metamorfoze 261. lpp.
Dzeltenā ķermeņa fāze 270. lpp.	Ola 269. lpp.
Dzeltenums 261. lpp.	Olnīca 260. lpp.
Dzemde 268. lpp.	Olnīcu cikls 269. lpp.
Dzemdē cikls 270. lpp.	Olvads 268. lpp.
Dzimumloceklis 264. lpp.	Oocīts 268. lpp.
Dzimumvairošanās 260. lpp.	Ooģenēze 269. lpp.
Ejakulācija 265. lpp.	Orgasms 265. lpp.
Endometrijs 268. lpp.	Ovulācija 269. lpp.
Erekcija 265. lpp.	Partenoģenēze 260. lpp.
Estrogēns 269. lpp.	Placenta 262. lpp.
Fimbrija 268. lpp.	Priekšdziedzeris 268. lpp.
Folikulārā fāze 270. lpp.	Progesterons 269. lpp.
Folikuls 269. lpp.	Pubertāte 267. lpp.
Folikulus stimulējošais hormons 270. lpp.	Sēklinieka kanāliņi 267. lpp.
Gonāda (dzimumdziedzeris) 270. lpp.	Sēklinieki 260. lpp.
Horiogonadotropīns 272. lpp.	Sēklinieku maisiņš 264. lpp.
Kāpurs 261. lpp.	Sēklvads 264. lpp.
Kopulācija 260. lpp.	Sekundārās dzimumpazīmes 267. lpp.
Kuteklis 268. lpp.	Sievietes ārējie dzimumorgāni 268. lpp.
Laktācija 272. lpp.	Sperma (sēklas šķidrums) 265. lpp.
Luteinizējošais hormons 270. lpp.	Spermatoģenēze 267. lpp.
	Spermatozoīds 267. lpp.
	Testosterons 267. lpp.

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- _____ – folikula plīšana un oocīta atbrīvošanās no olnīcas.
- _____ – ķermeņa formas un veida maiņa, kas raksturīga dažu dzīvnieku, piemēram, kukaiņu attīstības laikā.
- _____ – olšūnas attīstība par pieaugušu organismu bez apaugļošanās.
- _____ – sievišķais dzimumhormons, kas liek dzemdes endometrijam kļūt sekretoram dzemdes cikla laikā; kopā ar estrogēnu tas nodrošina sekundāro sievišķo dzimumpazīmju attīstību.
- _____ – biezs, bālgans šķidrums, kas sastāv no spermatozoīdiem un vairāku dziedzeru sekrēta.
- _____ – orgāns, kas veido gametas (olnīca, kas veido olšūnas, un sēklinieks, kas veido spermatozoīdus).

Nodaļas saturs

16.1. Attīstības stadijas

- Attīstība sākas ar brīdi, kad spermatozoids apaugļo olšūnu. 280. lpp.
- Pēc pirmajām embrionālās attīstības stadijām veidojas digla apvalki. 281. lpp.
- Attīstības sākuma stadijās embrijs barības vielas iegūst no dzeltenuma. 282. lpp.
- Mugurkaulniekiem virs notohorda pēc nervu caurulītes veidošanās rodas nervu sistēma. 283. lpp.

16.2. Šūnu specializācija un embrija formas veidošanās

- Specializēto orgānu veidošanās laikā notiek šūnu diferenciācija un morfoģenēze. 284. lpp.
- Nervu sistēmas veidošanos un attīstības pakāpeniskumu izskaidro ar ierosināšanu. 285. lpp.
- Gēni nosaka ārējā izskata un orgānu sistēmu veidošanos dzīvnieka attīstības laikā. 287. lpp.

16.3. Cilvēks vispirms ir embrijs, pēc tam – auglis

- Cilvēka, tāpat kā cāļa, attīstība ir atkarīga no ārpusembrija apvalkiem, kuri veic daudzveidīgas funkcijas un nodrošina attīstību. 288. lpp.
- Cilvēka embrionālās attīstības laikā rodas visas orgānu sistēmas. 289. lpp.
- Cilvēks ir zīdītājs placentālis. Placenta ir unikāls orgāns, kas nodrošina gāzu maiņu starp augļa un mātes asinīm. 292. lpp.
- Attīstības laikā auglis izaug pietiekami liels, lai varētu pats izdzīvot. Dzemdībām ir vairākas stadijas, kuru laikā piedzimst bērns un izdalās laukā ārpusembrija apvalki. 293. lpp.



Vardes (*Rana sp.*) attīstība

Katrā no miljardiem cilvēka šūnu ir visu viņa gēnu kopijas. Tomēr nervu šūnām ir aksoni un dendrīti, nevis miofibrillas, kas ir muskuļšūnām, bet kaulu šūnas uzkrāj kalcija sāļus, nevis ādas pigmentu. Procesu, kura laikā šūnas kļūst atšķirīgas pēc uzbūves un funkcijām, sauc par šūnu diferenciāciju. Tā ir nozīmīga attīstības sastāvdaļa. Agrās attīstības stadijās visas šūnas izskatās līdzīgas, bet, turpinoties šūnu dalīšanās procesam, sāk parādīties atšķirības. Kā gan tas notiek, ja visās šūnās ir vienādi gēni? Uz šo jautājumu zinātnieki vēl nav ieguvuši visas atbildes, bet viņi zina, ka noteikta loma ir signālmolekulām. Specifiskas molekulas aktivē noteiktus gēnus atšķirīgā laikā. Līdz ar šūnu diferenciāciju notiek atsevišķu šūnu migrācija embrija iekšienē. Šo šūnu pārvietošanās izraisa arī blakusesošo šūnu migrāciju. Tas palīdz izveidoties embrija orgāniem.

Tādi paši procesi kā embrionālās attīstības laikā notiek, arī nobriestot tikko piedzimušam organismam vai organismam, kas ir izšķīlies no olas. Piemēram, atjaunojas zaudētās ķermeņa daļas, sadzīst ievainojumi. Tas notiek pat ar vecu organismu. Tagad ir kļuvis skaidrs: lai izpētītu attīstību, ir jāpēta ne tikai embrija attīstība, bet arī citas norises.

16.1. Attīstības stadijas

Apaugļošanās (lat. *fertilis* – auglīgs) rezultātā rodas zigota. Tas notiek pēc spermatozoīda un olšūnas saplūšanas. 16.1. attēlā ir parādīts, kā notiek jūraszvaigznes olšūnas apaugļošanās. Spermatozoīdam ir trīs daļas: galviņa, kakliņš un astīte. Astīte ir vīca, kas ļauj spermatozoīdam peldēt olšūnas virzienā, bet kakliņā ir mitohondriji, kas veido ATP. Galviņa satur haploīdu kodolu, ko ietver ar membrānu klāta akrosoma. Tajā ir enzīmi, kas ļauj spermatozoīdam iekļūt olšūnā.

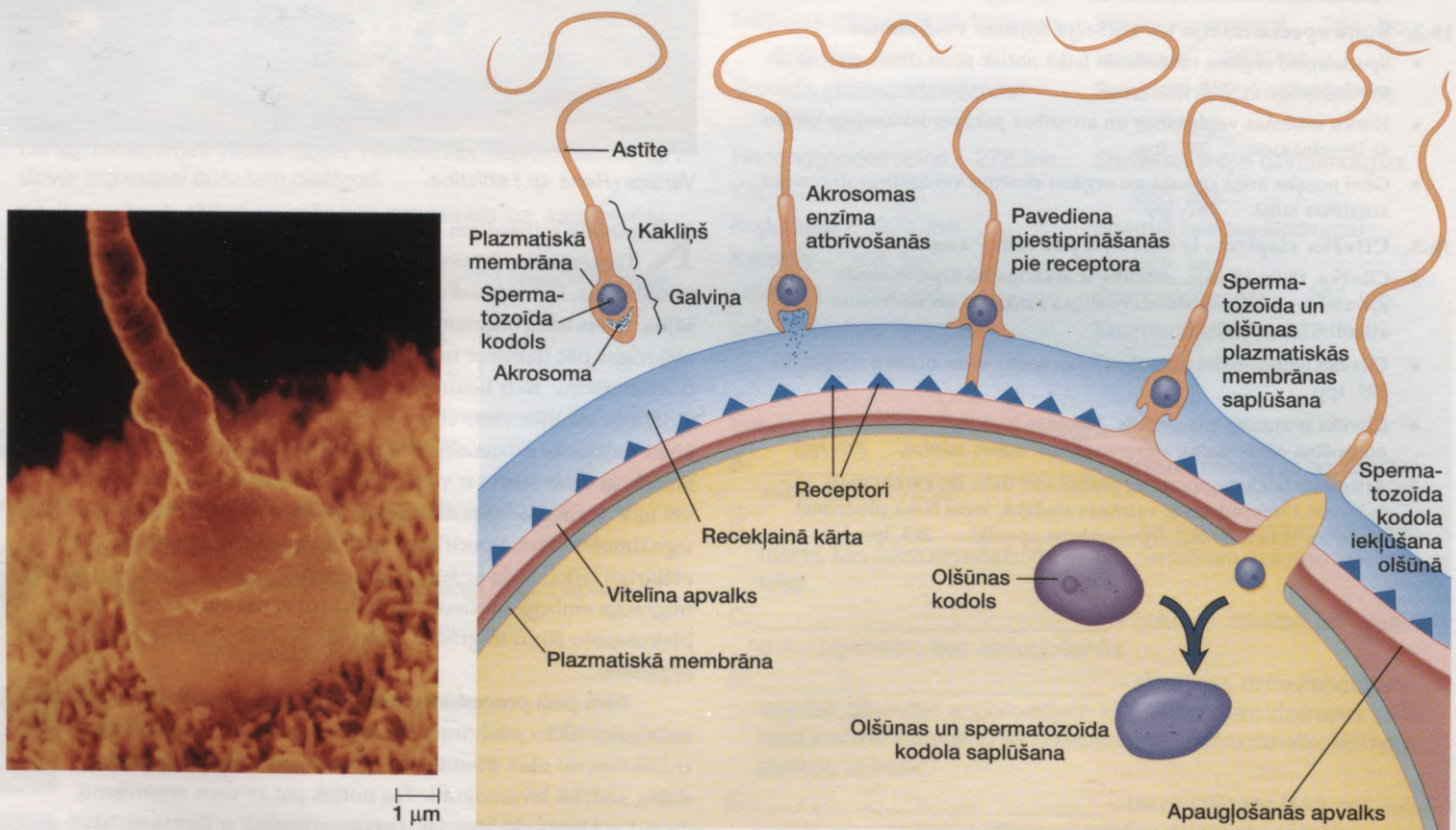
Katrai sugai ir īpaši mehānismi, kas nodrošina apaugļošanos (16.1. att.). Spermatozoīdu ir tik daudz, ka tie pārklāj olšūnu. Jūraszvaigznes olšūnai ir vitelīna apvalks – plazmatiskā membrāna, kas satur glikoproteīnu kārtu. Akrosomas enzīms sašķel šo receklveida apvalku. Pēc tam no akrosomas izsviežas pavediens, kas piestiprinās pie vitelīna apvalka receptoriem. Šī reakcija noris pēc atslēgas–slēdzenes darbības principa. Tā ir sugai specifiska. Tad saplūst olšūnas plazmatiskā membrāna un spermatozoīda kodola membrāna un kodols iekļūst olšūnā. Pēc apaugļošanās sākas zigotas

attīstība. Tiklīdz saplūst spermatozoīda un olšūnas plazmatiskās membrānas, ar olšūnas vitelīna apvalku notiek pārvērtības, kas nodrošina to, ka neviens cits spermatozoīds vairs nevar iekļūt olšūnā. Tagad vitelīna apvalku sauc par apaugļošanās apvalku.

Agrās attīstības stadijas

Visiem hordaiņiem ir vienādas attīstības sākuma stadijas – zigota, morula, blastula, agrīnā gastrula un vēlīnā gastrula. Blīvu barības vielu, t. i., **dzeltenuma** daudzums nosaka to, kādā veidā notiek pirmās trīs attīstības stadijas un kāds izskatās **embrijs** katras stadijas beigās.

Pēc apaugļošanās notiek zigotas drostalošanās – šūnu dališanās bez to augšanas (16.2. att.). Atkārtoti notiek DNS replikācija un šūnu mitotiskā dališanās. Ar katru dališanās reizi šūnas kļūst mazākas. Jūraszvaigznes un lancetnieki ir otrmutnieki, kuriem raksturīga neskaidra drostalošanās radiālā virzienā. Tas nozīmē, ka jebkura plakne, kas ies caur centrālo asi, sadalīs embriju divās simetriskās pusēs.



16.1. attēls. Jūraszvaigznes olšūnas apaugļošanās

Spermatozoīda galviņai ir akrosoma, kas klāta ar membrānu. Šajā akrosomā ir enzīmi. Kad šie enzīmi atbrīvojas, tie sašķel receklaino apvalku, kas ir ap olšūnu, un akrosoma izsviež pavedienu, kas piestiprinās pie olšūnas vitelīna apvalka receptoriem. Tad spermatozoīda kodols iekļūst olšūnā un saplūst ar tās kodolu; rezultātā rodas zigota, kas sāk dalīties. Vitelīna apvalks kļūst par apaugļošanās apvalku, kas pasargā no jebkura cita spermatozoīda iekļūšanas olšūnā.

Drostalošanos sauc par nenoteiktu tāpēc, ka šūnas nav diferencējušās un vēl nerodas atšķirības attīstības rezultātā.

Tā kā lancetnieka olšūnā ir maz dzeltenuma, šūnu dalīšanās ir vienāda un visām **morulas** (lat. *morus* – zīdkoks) šūnām ir vienāds lielums. Pēc tam morulā izveidojas dobums, ko sauc par **blastocelu** (gr. *blastos* – pumpurs un *koiloma* – dobums), un rodas lode, kuras sienas veido šūnas. Šo attīstības stadiju sauc par **blastulu** (gr. *blastos* – pumpurs un *ula* – mazs).

Gastrula (gr. *gastros* – kuņģis) veidojas tad, kad noteiktas šūnas sāk iespieties blastocelā, veidojot šūnu dubultslāni. Ārējo kārtu sauc par **ektodermu**, bet iekšējo kārtu – par **entodermu**. Dobums, kas veidojas šūnu ieliekšanās rezultātā, ir primārā zarna. Poru jeb caurumu, kas rodas ieliekšanās vietā, sauc par blastoporu. Lancetniekam blastopora vēlāk kļūst par ānusu.

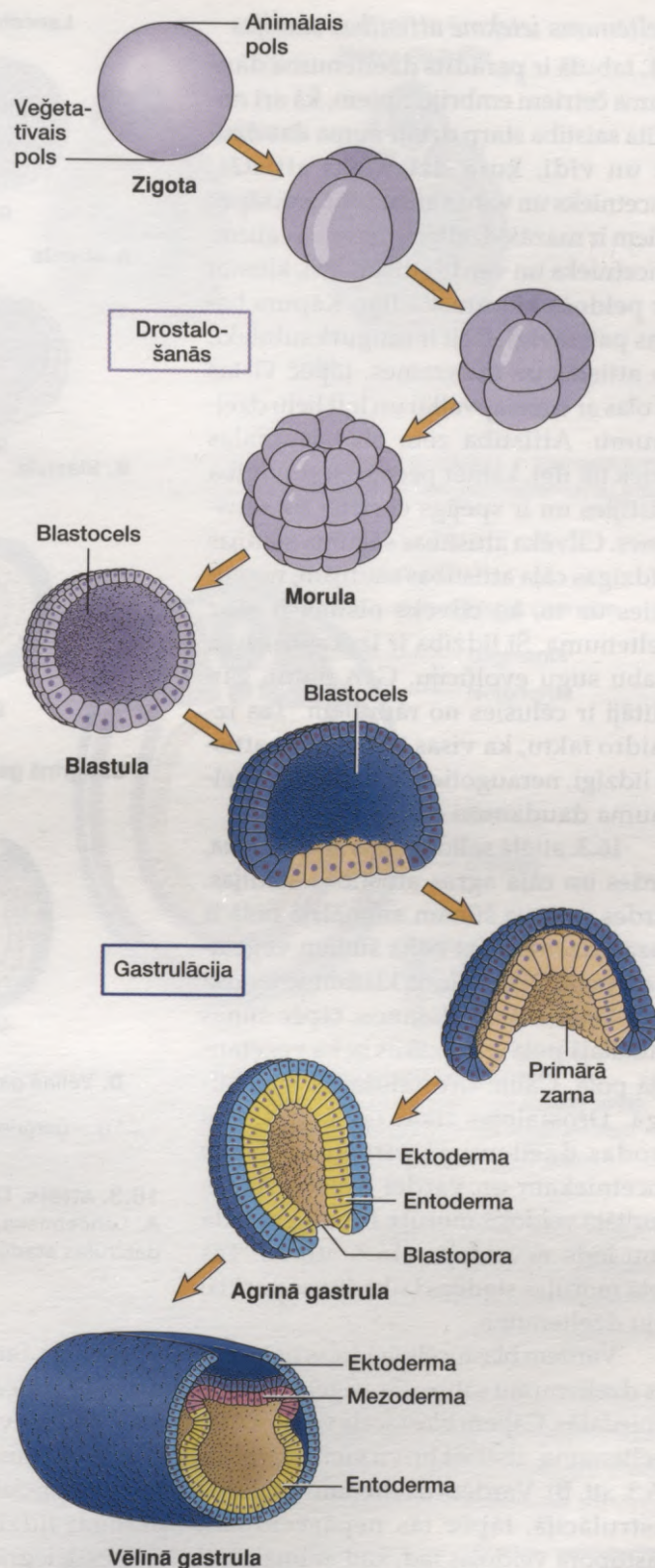
Gastrulācija beidzas tikai tad, kad izveidojas trīs šūnu kārtas. Vidējā kārtā ir **mezoderma**. Lancetniekam mezoderma veidojas kā primārās zarnas kabata, kas iespiežas starp ektodermu un entodermu. Tā aug uz sāniem tik ilgi, līdz abas puses saskaras un saplūst. Mezodermai sašķeļoties divās daļās, starp tām izveidojas dobums, ko sauc par celomu.

Ektodermu, entodermu un mezodermu sauc par embrija dīgļlapām. Neatkarīgi no tā, kādā veidā notiek gastrulācija, rezultāts vienmēr ir viens un tas pats – ir izveidojies dīgļis, kas sastāv no trim kārtām. Turpmāk no šīm kārtām veidojas šādi orgāni.

Embrija dīgļlapa	Pieauguša mugurkaulnieka sastāvdaļas
Ektoderma (ārējā kārtā)	Ādas epiderma; mutes un zarnas epitēlija kārtā; nervu sistēma
Mezoderma (vidējā kārtā)	Skelets; muskuļi; āda; asinsrites sistēma; izvadorgānu sistēma; dzimumorgānu sistēma – ieskaitot lielāko daļu tās epitēlija; elpošanas un gremošanas sistēmas ārējās daļas
Entoderma (iekšējā kārtā)	Zarnu un elpceļu epitēlijs; dziedzeri, kas saistīti ar gremošanas un elpošanas sistēmu; urīnpūšļa epitēlijs

19. gadsimtā embriologs Kārlis Bērs bija pirmais, kas saistīja attīstību ar dīgļlapu veidošanos un radīja dīgļlapu teoriju.

Gastrulācijas laikā, kad šūnas iespiežas blastocelā, veidojas trīs dīgļlapas. No šīm trim dīgļlapām – ektodermas, mezodermas un entodermas – veidojas orgāni.



16.2. attēls. Lancetnieka agrās attīstības stadijas

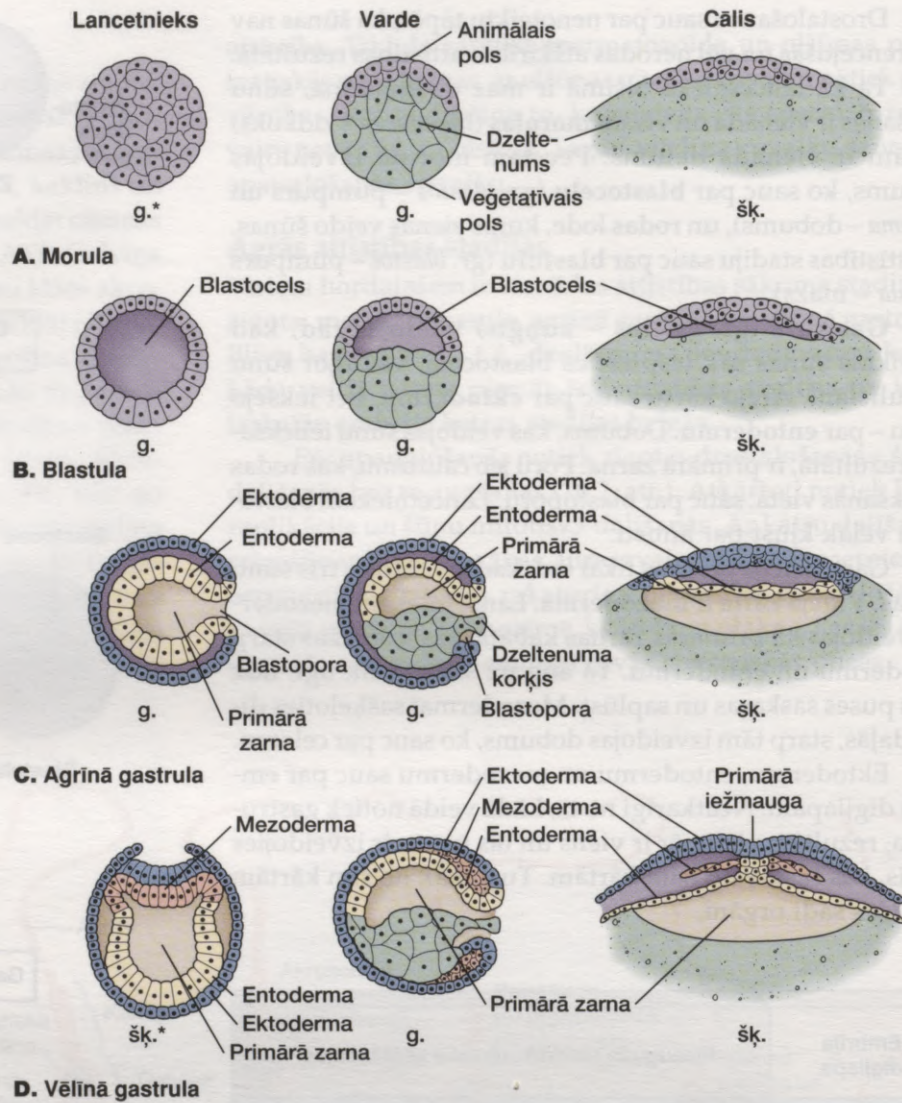
Lancetnieka olšūnā ir maz dzeltenuma, tāpēc tas noder par modeli, kas raksturo šādu dzīvnieku attīstību. Drostalošanās rezultātā rodas daudzas šūnas, kas izveido dobumu. Ieliekšanās rezultātā gastrulācijas laikā rodas dīgļlapas – ektoderma un entoderma. Mezoderma rodas no entodermas, iespiežoties starp dīgļlapām.

Dzeltenums ietekmē attīstības stadijas

16.1. tabulā ir parādīts dzeltenuma daudzums četriem embriju tiptiem, kā arī norādīta saistība starp dzeltenuma daudzumu un vidi, kurā dzīvnieks attīstās. Lancetnieks un varde attīstās ūdenī, tāpēc viņiem ir mazāk dzeltenuma nekā cāļiem. Lancetnieks un varde attīstās ātri, kļūstot par peldoša kāpura stadiju. Kāpurs barojas patstāvīgi. Cāļi ir mugurkaulnieki, kas attīstās uz sauszemes, tāpēc vistas dēj olas ar cietu apvalku un ļoti lielu dzeltenumu. Attīstība zem olas čaumalas notiek tik ilgi, kamēr pēcnācējs ir pilnībā attīstījies un ir spējīgs eksistēt uz sauszemes. Cilvēka attīstības sākuma stadijas ir līdzīgas cāļa attīstības stadijām, neraugoties uz to, ka cilvēka olšūnā ir maz dzeltenuma. Šī līdzība ir izskaidrojama ar abu sugu evolūciju. Gan putni, gan zīdītāji ir cēlušies no rāpuļiem. Tas izskaidro faktu, ka visas trīs grupas attīstās līdzīgi, neraugoties uz atšķirīgo dzeltenuma daudzumu olā.

16.3. attēlā salīdzinātas lancetnieka, vārdes un cāļa agras attīstības stadijas. Vārdes embrija šūnām animālajā polā ir mazāk dzeltenuma nekā šūnām veģetatīvajā polā. Dzeltenuma klātbūtne izraisa šūnu lēnāku drostalošanos, tāpēc šūnas animālajā polā ir mazākas nekā veģetatīvajā polā. Cālim drostalošanās ir nepilnīga. Drostalojas tikai tās šūnas, kas atrodas dzeltenuma virspusē. Tāpēc lancetniekam un vardei drostalošanās rezultātā veidojas morula, bet cāļiem šāda šūnu lode neveidojas (16.3. att. A). Tās vietā morulas stadijas laikā šūnas pārklāj daļu dzeltenuma.

Vardēm blastocels veidojas tikai animālā pola daļā. Smaigās dzeltenumu saturošās veģetatīvā pola šūnas šajā procesā nepiedalās. Cāļiem blastocels veidojas, kad šūnas paceļas virs dzeltenuma, atstājot brīvu vietu starp šūnām un dzeltenumu (16.3. att. B). Vardēm dzeltenumu saturošās šūnas nepiedalās gastrulācijā, tāpēc tās nepārveidojas. Spraugai līdzīgā blastopora veidojas tad, kad animālā pola šūnas sāk iegrīmt no augšas. Līdz ar to pārējās animālā pola šūnas pārvietojas lejup cauri dzeltenumam, un blastopora kļūst apaļa.



* g. – gargriezums; šķ. – šķērsgriezums

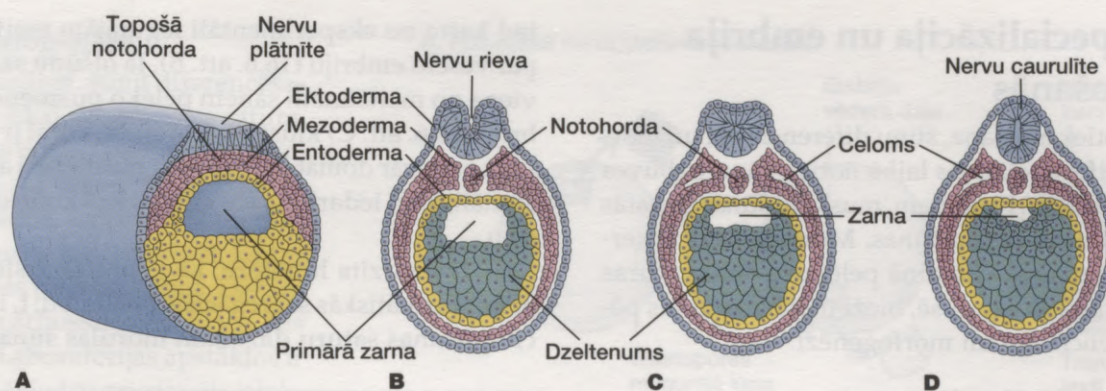
16.3. attēls. Dzīvnieku attīstības salīdzinājums

A. Lancetnieka, vārdes un cāļa morulas stadija. B. Blastulas stadijas. C. Agrinās gastrulas stadijas. D. Vēlinās gastrulas stadijas.

16.1. tabula

Dzeltenuma daudzums un attīstības vieta

Dzīvnieks	Dzeltenums	Attīstības vieta
Lancetnieks	Maz	Ārēja attīstība ūdenī
Varde	Nedaudz	Ārēja attīstība ūdenī
Cālis	Daudz	Olā zem čaumalas
Cilvēks	Maz	Mātes organismā



16.4. attēls. Nervu caurulītes un celoma attīstība vārdes embrijā

A. Ektoderma šūnas, kas atrodas virs topošās notohordas, kļūst biežākas, veidojot nervu plātnīti. **B.** Nervu rieva un krokas ir pamanāmas tad, kad sāk veidoties nervu caurulīte. **C.** Mezodermai sašķeļoties, veidojas celoms, ko pilnībā izklāj mezoderma. **D.** Ir izveidojusies nervu caurulīte un celoms.

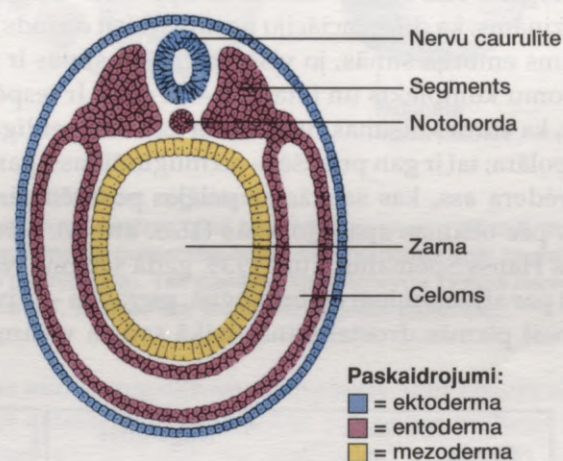
Šajā stadijā daļa dzeltenuma šūnu uz laiku ir palikušas poras rajonā, izveidojot dzeltenuma korķi. Cāļiem šī dzeltenuma ir tik daudz, ka entodermas veidošanās nenotiek ieliecoties. Cāļiem augšējā šūnu kārtā kļūst par ektodermu, bet apakšējā pārveidojas par entodermu (16.3. att. C). Vardei blastopora mugurējās lūpas šūnas migrē starp ektodermu un entodermu, veidojot mezodermu. Vēlāk, mezodermai sašķeļoties, rodas celoms. Cāļiem mezodermas kārtā veidojas, iespiežoties embrija iekšienē gareniskās rievās malas šūnām. Rievās izskata dēļ to sauc par primitīvo svītru (16.3. att. D). Vēlāk jaunizveidojusies mezoderma sašķeļas, radot celoma dobumu.

Dzeltenuma daudzums ietekmē to, kādā veidā noris pirmās trīs attīstības stadijas.

Nervu sistēma veidojas neirolācijas procesā

Hordaiņiem jaunizveidojušās mezodermas šūnas, kas atrodas ķermeņa gareniskās ass virzienā, saaug kopā, veidojot atbalsta stieni, ko sauc par **notohordu** (gr. *noto* – aizmugure un *chord* – saite). Notohorda visu dzīves laiku eksistē lancetniekam, bet vardei, cālim un cilvēkam vēlāk tiek aizstāta ar mugurkaulu.

Nervu sistēma veidojas no ektodermas vidusdaļas, kas atrodas tieši virs notohordas. Vispirms embrija mugurējā daļā var saskatīt šūnu sabiezinājumu, ko sauc par nervu plātnīti. Pēc tam abās nervu rievās pusēs attīstās neirālās krokas; tām saplūstot, veidojas nervu caurulīte. Vārdes nervu caurulītes veidošanās ir parādīta 16.4. attēlā. Šajā stadijā embriju sauc par neirulu. Vēlāk nervu caurulītes priekšējā daļa attīstās par galvas smadzenēm.



16.5. attēls. Hordaiņa embrija šķērsgriezums

Katra neirulas stadijas dīgļlapa (atzīmēta atšķirīgā krāsā) vēlāk piedalīsies noteiktu ķermeņa daļu veidošanā. No segmentiem attīstīsies muskuļi un mugurkauls, kas aizstās notohordu.

Mezodermas vidējās daļas šūnas, kas nepiedalās notohordas veidošanā, rada divas gareniskas audu grupas. No tām rodas segmenti (somīti), kuri vēlāk visiem hordaiņiem veido muskuļus. Mugurkaulniekiem no šiem segmentiem attīstās arī mugurkaula skriemeļi.

16.5. attēlā ir parādīts dažādu ķermeņa daļu novietojums hordaiņiem. Šis attēls un tabula 281. lappusē palīdz izprast, kā no embrija kārtām (ektodermas, mezodermas un entodermas) veidojas hordaiņiem raksturīgās struktūras un orgāni.

Neirolācijas laikā tieši virs notohordas izveidojas nervu caurulīte. Neirulas stadijā visu hordaiņu embriju šķērsgriezumi ir līdzīgi.

16.2. Šūnu specializācija un embrija formas veidošanās

Attīstības laikā notiek augšana, šūnu diferenciācija un morfoģenēze. **Šūnu diferenciācijas** laikā notiek šūnu uzbūves un funkciju specializācija. Piemēram, muskuļu šūnas izskatās un darbojas citādi nekā nervu šūnas. **Morfoģenēze** ir ķermeņa daļu formas maiņa. Ģlotainā pelējuma šūnas, kuras sīkāk tiks aplūkotas 286. lappusē, bieži tiek izmantotas pētījumos par diferenciāciju un morfoģenēzi.

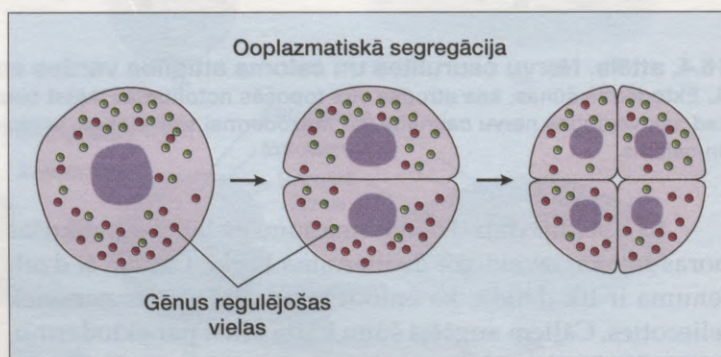
Kā notiek šūnu specializācija

Visticamāk, ka diferenciācija sākas jau ilgu laiku, pirms ir iespējams novērot dažāda veida šūnas. Lai gan ektodermas, entodermas un mezodermas šūnas gastrulā izskatās diezgan līdzīgas, tām tomēr ir jābūt atšķirīgām, jo no tām veidojas dažādi orgāni. Kas izraisa diferenciāciju? Kad tā sākas?

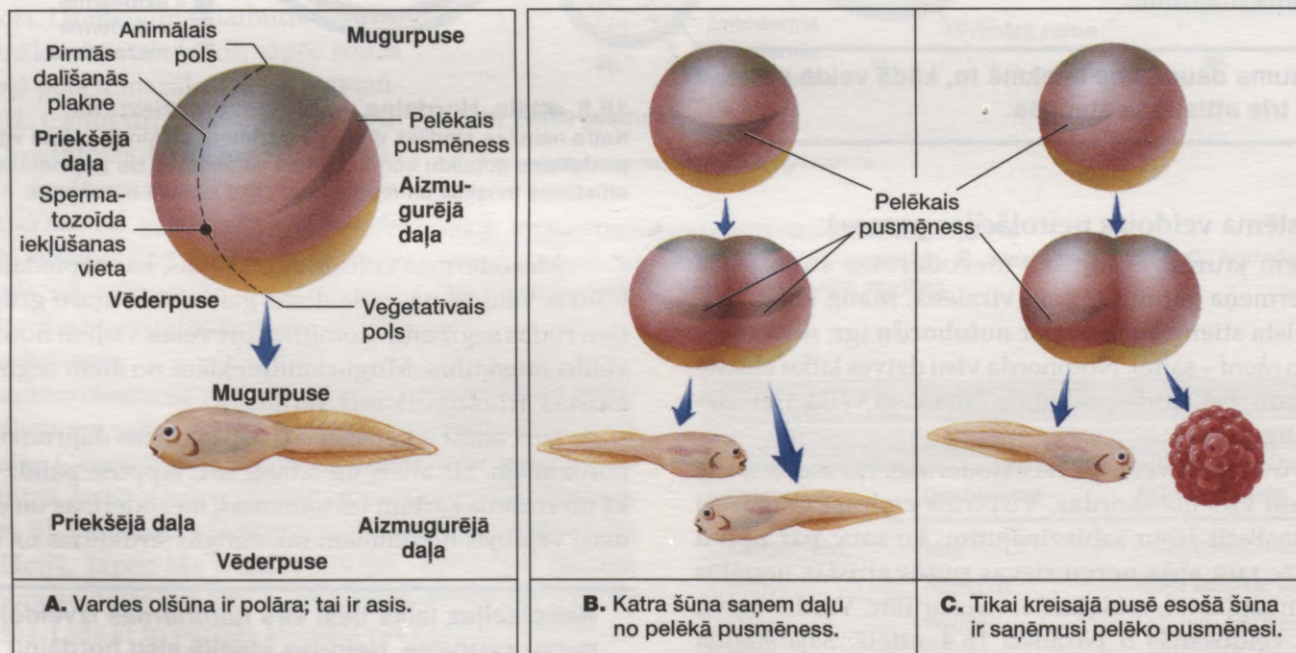
Ir zināms, ka diferenciāciju nevar izraisīt dažāds gēnu daudzums embrija šūnās, jo visās ķermeņa šūnās ir pilns hromosomu komplekts un tātad arī visi gēni. Ir iespējams novērot, ka vārdes olšūnas citoplazma nav vienveidīga. Olšūna ir polāra; tai ir gan priekšējā–aizmugurējā ass, gan muguras–vēdera ass, kas saistās ar pelēko pusmēnesi, kurš parādās pēc olšūnas apaugļošanās (16.6. att. A). Vācu zinātnieks Hanss Špēmanis, kurš 1935. gadā saņēma Nobela prēmiju par atklājumiem embrioloģijā, pierādīja – ja pelēko pusmēnesi pirmās drostalošanās laikā sadala vienmērīgi,

tad katra no eksperimentāli iegūtajām meitšūnām attīstās par veselu embriju (16.6. att. B). Ja olšūnu sadala tā, ka tikai viena no meitšūnām saņem pelēko pusmēnesi, tad par embriju (16.6. att. C) kļūst tikai tā šūna, kurai ir šis pusmēness. Līdz ar to var domāt, ka pelēkajā pusmēnesī atrodas ķīmiskie signāli, kuri iedarbina tos gēnus, kas kontrolē vārdes attīstību.

Ir izvirzīta hipotēze, ka gēni tiek izslēgti vai ieslēgti ar ooplazmatiskās segregācijas palīdzību, t. i., sadalot mātes citoplazmas saturu dažādām morulas šūnām.



Citoplazmā esošās vielas, kas tiek sadalītas drostalošanās laikā, sākotnēji nosaka, kuri gēni būs aktīvi un kā notiks šūnu diferenciācija.



16.6. attēls. Citoplazmatiskā ietekme uz attīstību

A. Vārdes olšūnai ir priekšējā–aizmugurējā ass un muguras–vēdera ass; abas ir saistītas ar pelēkā pusmēness novietojumu. **B.** Ja pirmās drostalošanās laikā pelēkais pusmēness tiek sadalīts uz pusēm, katra meitšūna spēj attīstīties uz normālu kurkuli. **C.** Ja viena no meitšūnām saņem pelēko pusmēnesi, bet otra to nesaņem, tad tikai pirmā meitšūna attīstās par kurkuli. Tas pierāda, ka ķīmiskie ziņneši vārdes olšūnas citoplazmā nav vienmērīgi sadalīti.

Kā notiek morfoģenēze

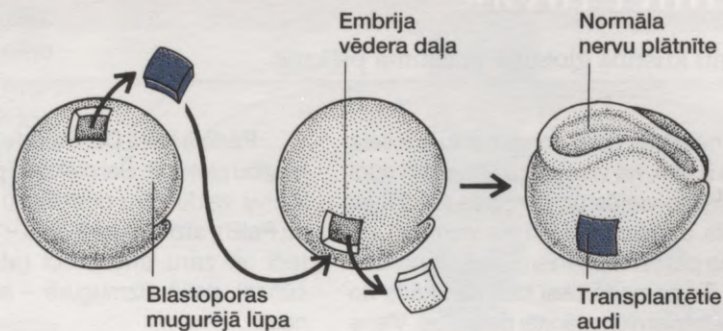
Turpinoties attīstībai, šūnu diferencēšanās ietekmē ne tikai citoplazmas saturs, bet arī signāli no blakus esošajām šūnām. Gastrulācijas laikā notiek šūnu pārvietošanās. Ir pierādīts, ka vienas šūnu grupas pārvietošanās var ietekmēt kādas citas šūnu grupas pārvietošanos. Dažām šūnām veidojas ārpusšūnas matrice, kas satur šķiedras. Laboratorijas apstākļos ir pierādīts, ka šo šķiedru orientācija ietekmē šūnas, kas pārvietojas. Migrējošo šūnu citoskelets ir orientēts tādā pašā virzienā kā šīs šķiedras. Lai gan iespējams, ka šīs nav precīzs gastrulācijas mehānisms, tas tomēr pierāda, ka dīgļlapu veidošanos ietekmē vides faktori.

H. Špēmanis pierādīja, ka vārdes embrija pelēkais pusmēness kļūst par blastopora mugurējo lūpu, no kuras sākas gastrulācija. Tā kā šis rajons ir nepieciešams, lai attīstība turpinātos, zinātnieks nosauca blastopora mugurējo lūpu par primāro organizatoru. Šūnas, kas atrodas tuvu pie Špēmaņa primārā organizatora, kļūst par entodermu; no attālākām šūnām veidojas mezoderma, bet no vistālākajām šūnām – ektoderma. Tas ļauj domāt, ka varbūt pastāv molekulu koncentrācijas gradients, kas darbojas kā signāls dīgļlapu diferencijai. **Indukcija** (lat. *in* – iekš un *duco* – vest, vadīt) ir ķīmisku vielu vai audu spēja ietekmēt citu audu attīstību. Inducējošo vielu sauc par signālu.

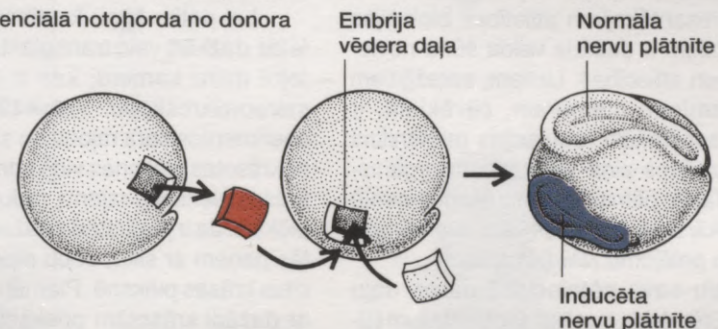
Eksperimenti, kurus veica Džims Smits Londonas Medicīnisko pētījumu nacionālajā centrā, pierādīja, ka signālprocesos būtiska loma var būt augšanas faktoram – peptīdam, ko sauc par aktivīnu. Ja aktivīna koncentrācija ir maza, animālā pola šūnas kļūst par epidermu – audiem, kas veidojas no ektodermas, bet, ja aktivīna koncentrācija ir liela, rodas muskuļi un notohorda – mezodermas audu veidojumi.

Vārdes olšūnas pelēkais pusmēness iezīmē embrija mugurpusi, kur attīstās notohorda un nervu sistēma. H. Špēmanis un viņa kolēģi pierādīja, ka potenciālie notohordas audi inducē nervu sistēmas veidošanos (16.7. att.). Ja šos potenciālos nervu sistēmas audus, kuri atrodas tieši virs potenciālās notohordas, nogriež un pārstāda embrija vēderpusē, tie nervu caurulīti neveido. Ja šos potenciālos noto-

A. Potenciālā nervu sistēma no donora



B. Potenciālā notohorda no donora

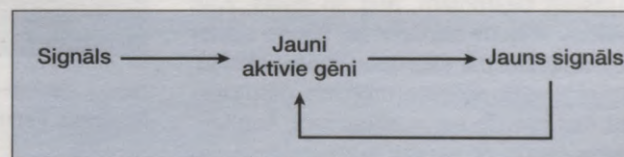


16.7. attēls. Nervu sistēmas attīstības regulācija

A. Šajā eksperimentā potenciālā nervu sistēma (zila) neattīstās par nervu plātnīti, ja to pārvieto citā vietā. **B.** Šajā eksperimentā potenciālā notohorda (sarkana) spēj izraisīt vēdera ektodermas attīstību par nervu plātnīti (zila). Tas pierāda, ka notohorda inducē nervu plātnītes veidošanos no ektodermas, visticamāk, ar ķīmisko signālu palīdzību.

hordas audus nogriež un transplantē zem vēdera ektodermas, šī ektoderma diferencējas par nervu audiem. Pašlaik ir zināmi arī citi indukcijas piemēri. V. Lūiss 1905. gadā pētīja vārdes embrija acs informāciju. Viņš atklāja, ka redzes pūslītis, kas veidojas kā galvas smadzeņu sānu izaugums, inducē ektodermas, kura to pārklāj, uzbiezinašanos un kļūšanu par lēcu. Lēca attīstoties nonāk pūslīša iekšienē, veidojot optisku kausu, kurā attīstās tīklene.

Mūsdienās pētnieki ir pārliecināti, ka inducēšana notiek nepārtraukti, jo blakusesošās šūnas visu laiku cita citu ietekmē. Gan tiešie kontakti, gan ķīmiskie signāli aktivē noteiktus gēnus, izraisot proteīnu sintēzi. Shēmā parādīts, kādā veidā morfoģenēze var notikt kā nepārtraukts process.



Uzziniet tuvāk

► Šūnu kustība gļotainā pelējuma plēksnē

Cilvēki ne pārāk bieži domā par to, cik liela nozīme ir tam, ka visas viņu šūnas un audi ir pareizajās vietās un pareizās attiecībās ar citiem audiem. Cilvēki ne vienmēr apzinās, ka pastāv mehānismi, kas šīs norises regulē. To pamata tikai tad, kad kāds no šiem mehānismiem pārstāj darboties. Viens no interesantākajiem attīstības bioloģijas jautājumiem ir dažāda veida šūnu novietojums un attiecības. Lieliem, sarežģītiem organismiem, piemēram, cilvēkiem, ir daudz sarežģītāki regulācijas mehānismi nekā uzbūves ziņā vienkāršiem organismiem. Tāpēc pētnieki parasti eksperimentē ar vienkāršiem organismiem, piemēram, gļotaino pelējumu (*Dictyostelium*).

Lielu sava pētnieciskā darba daļu Džons Stērnfelds ir veltījis *Dictyostelium* šūnu attiecību un kustību pētījumiem. Pirmo reizi par šiem jautājumiem viņš ieinteresējās, būdams universitātes absolvents, pēc Džona Bonera laboratorijas apmeklējuma Prinstonas Universitātē. Kad Dž. Boners bija viņu iepazīstinājis ar laboratoriju, zinātnieks dažas minūtes runāja ar saviem tehniskajiem darbiniekiem par kādu detalizētu eksperimentu. Jau iepriekš Dž. Stērnfelds bija dzirdējis, ka Dž. Boners ir izcilis zinātnieks, taču nu uzzināja, ka zinātnieks eksperimentus veic ar lielu aizrautību un prieku. Viņš secināja, ka eksperiments nav bijis auglīgs, bet viņš negribētu to pamest, jo ir bijis "tik jautri ar gļotaino pelējumu". No tā laika jaunais zinātnieks saprata, ka vēlas strādāt Dž. Bonera laboratorijā. Nu jau viņš ir aizvadījis daudzus gadus, pētot gļotaino pelējumu.

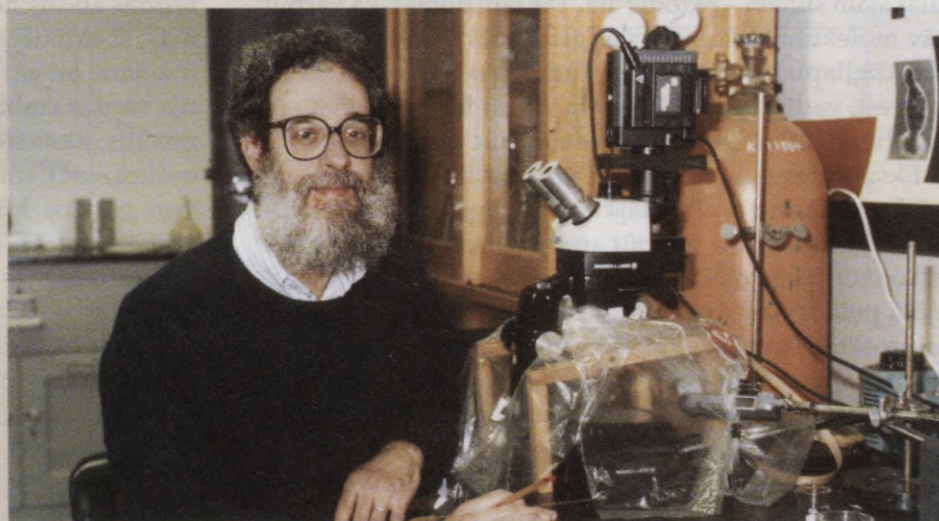
Dictyostelium ir interesants dzīves cikls, kurā ir vienšūnas stadija un vairākas daudzšūnu stadijas. Vienšūnas stadijā atsevišķas amēbveida šūnas barojas ar augsnes baktērijām, aug un dalās. Kad barības krājumi samazinās, šūnas apvienojas, kļūstot par sīku daudzšūnu uzkalnu. Uzkalns veido aptuveni milimetru garu plēksni, kas attīstās par auglķermeni. Auglķermenis sastāv no zariem, kuri balsta milzīgu daudzumu sporu, aug stāvus uz substrāta. Katra spora spēj uzdzīgt un veidot vienšūnas amēbu, sākot dzīves ciklu no jauna.

Pēdējā laikā Dž. Stērnfelds pēta šūnu kustību plēksnē. Šai plēksnei priekšējā daļā ir divu veidu zaru priekšteču šūnas (PstA un PstB), aizmugurējā daļā – sporu priekšteči un zaru priekšteči (atgādina zaru šūnas), pašā aizmugurē – arjergarda šūnas.

Lai pētītu šūnu kustības, Dž. Stērnfelds dažkārt veic transplantāciju, izmantojot mitru kameru, kas ir izveidota ap stereomikroskopu. Visbiežāk šādos eksperimentos zara rajonu no sarkanā krāsā nokrāsotas plēksnes viņš apmaina ar zilas krāsas plēksnes rajonu, radot divkrāsainu plēksni. Ja ir jāpārstāda dažas šūnas, viņš tās paņem ar sīku, dobu pipeti un ievada citas krāsas plēksnē. Piemēram, plēksnes ar dažādi krāsotām priekšējās daļas šūnām var atjaunoties. Dažkārt novērojumiem tiek izmantota videofotografēšana, bet dažkārt top zīmējumi, izmantojot mikroskopam piestiprinātu zīmēšanas kameru. Šie eksperimenti ir pierādījuši, ka šūnas plēksnē kustas noteiktā virzienā. Kad

plēksne pārvietojas, aiz tās paliek arjergarda šūnas. Tās aizvieto PstB šūnas, kas pārvietojas uz aizmuguri. Savukārt PstB šūnu vietā stājas blakus esošās PstA šūnas, bet PstA šūnas aizvieto sporu priekšteču šūnas. Ir skaidrs, ka šūnu uzkrāšana un viena šūnu veida aizstāšana ar citām nodrošina nemainīgas visu veidu šūnu proporcijas saglabāšanos plēksnē.

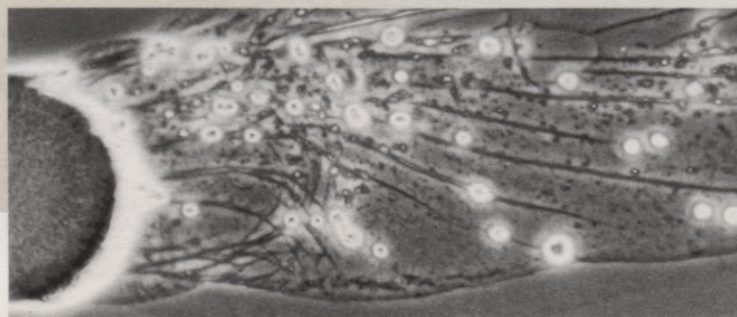
Kad ir izpētītas norises un mehānismi vienkāršās uzbūves organismos, piemēram, *Dictyostelium*, var pievērsties sarežģītākiem organismiem, piemēram, cilvēkam, mēģināt noskaidrot, vai viņa attīstības laikā notiek līdzīgi procesi. Šādi uzdevumi valdzina Dž. Stērnfeldu, viņa laboratorijas pēdējo kursu studentus un daudzus citus biologus. Dž. Stērnfeldam eksperimentu veikšana un jaunu faktu noskaidrošana par *Dictyostelium* sagādā gandarījumu. Lai gan pētījumi ne vienmēr palīdz tūdaļ atrisināt cilvēcei aktuālas problēmas, tie tomēr tiešā vai netiešā veidā varēs dot cilvēkiem labumu nākotnē.



Džons Stērnfelds
Ņujorkas Valsts universitātes koledžā Kortlendā

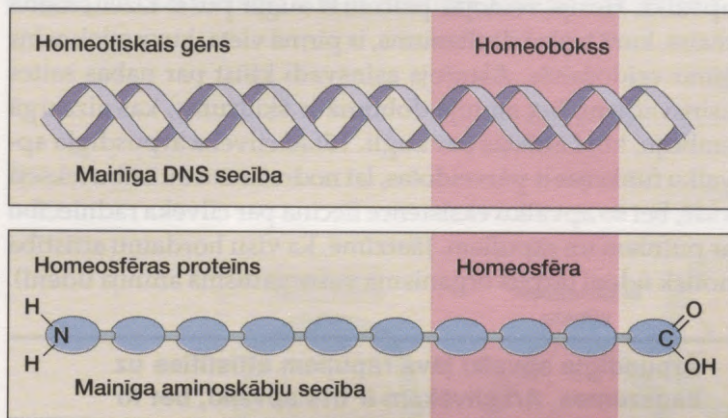
16.A. attēls. Gļotainā pelējuma šūnu plēksne

Krāsota plēksne, lai būtu redzamas zaru priekšteču šūnas priekšgalā (kreisajā pusē) un vairākas PstB šūnas ceļā no aizmugurējās daļas uz arjergarda rajonu.



Gēni, kas regulē sistēmu veidošanos

Zinātnieki, kas pētījuši augļu mušu (*Drosophila*), ir atklājuši, ka viņai ir gēni, kas nosaka dzīvnieka priekšējo–aizmugurējo asi un muguras–vēdera asi, kā arī citi gēni, kas regulē segmentu skaitu un polaritāti, un vēl citi gēni (homeotiskie gēni), kas nosaka šo segmentu attīstību. Šādi homeotiskie gēni pašlaik ir atklāti arī daudzos citos organismos. Pārsteidzošs ir fakts, ka visos tajos ir īpaša nukleotīdu secība (homeobokss).



Tā kā homeoboksi ir atklāti gandrīz visos eikariotu organismos, ir pamats ticēt, ka homeoboksi ir mantoti no sākotnējās secības, kas ir saglabājusies no paaudzes uz paaudzi sakarā ar homeoboksu lielo nozīmi dzīvnieku attīstības regulācijā.

Augļu mušām homeotisku mutāciju rezultātā ķermeņa daļas tiek samainītas vietām. Homeotiskām mušām var būt divi spārnu pāri vai arī spārnu vai kāju pāris antenu vietā (16.8. att.). Līdzīgi arī vardēm (*Xenopus*), ja tiek mainīts homeotisko gēnu izpausmes veids (ekspresija), rodas embriji bez galvas un bez astes.

Homeotiskie gēni nepārprotami ir saistīti ar sistēmu veidošanos – tas ir, tādu embrija formu veidošanos, lai pieaugušajam organismam būtu normāls izskats. Homeotiskie gēni hromosomās ir sakārtoti noteiktā secībā. Pirmie ir tie, kas nosaka dzīvnieka embrija priekšējo segmentu veidošanos, bet tālākie regulē aizmugurējo segmentu attīstību. Homeotiskie gēni kodē homeosfēras proteīnus. Katram no šiem proteīniem ir homeosfēra – 60 aminoskābju secība, kāda ir arī visos pārējos homeosfēras proteīnos. Šie proteīni paliek kodolos un regulē citu gēnu transkripciju attīstības laikā. Zinātnieki paredz, ka homeosfēras proteīns, ko veido viens gēns, piesaistās pie nākamā homeotiskā gēna un ieslēdz to, tādējādi precīzi nodrošinot embrija sistēmu veidošanos.



A



B

16.8. attēls. Augļu mušas homeotiskās mutācijas

Homeotiskie gēni regulē sistēmu veidošanos – vienu no morfoģenēzes darbībām. Ja homeotiskos gēnus aktivē neatbilstošā laikā, var gadīties anomālijas; tādas redzamas attēlā **A** (muša ar četriem spārnēm) vai attēlā **B** (muša ar kājām pie galvas).

Izrādās, ka homeotiskie gēni arī nodrošina homeosfēras proteīnu gradientu, kas ietekmē atsevišķo daļu, piemēram, kāju veidošanos. Viens šāds labi pazīstams gradients, kas nosaka spārnu veidošanos cāļiem, ir saistīts ar retinolskābi – ar tīklenē esošu vielu, kas atrodas acs nūjiņās un vālitēs.

Daudzas laboratorijas veic pētījumus, lai iegūtu pēc iespējas vairāk informācijas par homeotiskajiem gēniem un homeosfēras proteīniem. Piemēram, ir jānoskaidro, kā homeotiskie gēni ieslēdzas un kā audos tiek saglabāts proteīna gradients. Tiek pētīta arī citoskeleta un ārpusšūnas matricē loma.

Morfoģenēze ir atkarīga no blakusesošo šūnu signāliem (kontaktiem vai vielām). Ticams, ka šie signāli aktivē īpašus gēnus, ieskaitot homeotiskos gēnus.

16.3. Cilvēks vispirms ir embrijs, pēc tam – auglis

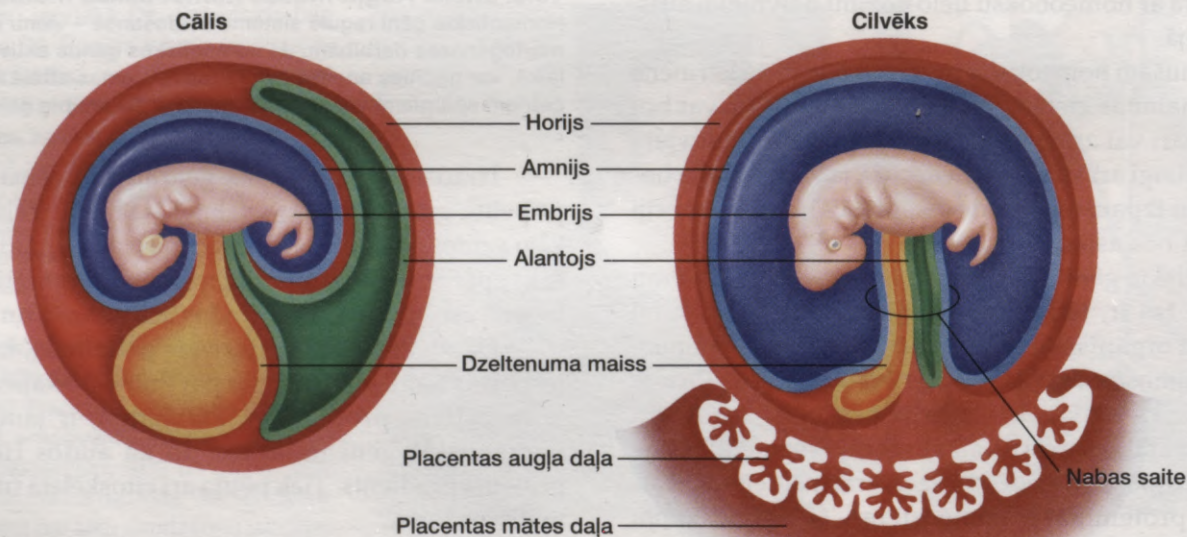
Cilvēkam paiet aptuveni deviņi mēneši no apaugļošanās un dīgļa ieligzdošanās (implantācijas) brīža līdz bērna piedzimšanai. Ir pierasts aprēķināt bērna piedzimšanas laiku, skaitot 280 dienas no pēdējās mēnešreizes, jo šis datums parasti ir zināms, bet apaugļošanās datums visbiežāk nav zināms. Tā kā dzemdību sākšanās laiku ietekmē ļoti daudzi faktori, tikai aptuveni 5 % bērnu piedzimst noteiktajā laikā.

Pirmajos divos grūtniecības mēnešos topošo mazuli sauc par **embriju**, bet laikā no trešā līdz devītajam grūtniecības mēnesim – par **augli**. Embrija stadijas laikā notiek galveno orgānu agrīna veidošanās, bet augļa attīstības gaitā šie orgāni pilnveidojas. Lai aplūkotu cilvēka embrionālo attīstību, ir jāiepazīstas ar **ārpusdīgļa apvalku** (lat. *extra* – ārpusē) novietojumu. To var labāk izprast, aplūkojot apvalku funkcijas rāpuļiem un putniem. Rāpuļiem pirmajiem šie apvalki jāva attīstīties uz sauszemes. Ja embrionālā attīstība notiek ūdenī, ūdens piegādā dīglim skābekli un aizvada projām atkritumvielas. Ap dīgli esošais ūdens pasargā no izžūšanas un kalpo kā aizsargs. Ja embrionālā attīstība notiek uz sauszemes, visas šīs funkcijas ir jāveic augļa apvalkiem.

Cālim ārpusdīgļa apvalki veidojas kā dīgļlapu izaugumi, kuri pārklāj dzeltenumu. 16.9. attēlā ir redzams cālis un dīgļlapas, kas to apņem. **Horijs** (gr. *chorion* – apvalks, membrāna) atrodas tieši zem čaumalas un nodrošina gāzu maiņu. **Amnijs** (gr. *amnion* – apvalks ap augli) satur amnija šķidrumu, kas apskalo embriju tā attīstības laikā. **Alantojs** (gr. *allantos* – desa) savāc slāpekļa atkritumvielas. **Dzeltenuma maiss** apņem atlikušo dzeltenumu, kas nodrošina dīgļa barošanu.

Arī cilvēkam un citiem zīdītājiem ir šie trīs ārpusdīgļa apvalki. Horijs veidojas placentai augļa pusē. Dzeltenuma maiss, kurā trūkst dzeltenuma, ir pirmā vieta, kur notiek asins šūnu veidošanās. Alantoja asinsvadi kļūst par nabas saites asinsvadiem, bet amnija dobumā ir šķidrums, kas aizsargā embriju, kurš attīstās par augli. Tātad cilvēka ārpusdīgļa apvalku funkcijas ir pārveidotas, lai nodrošinātu attīstību iekšējā vidē, bet šo apvalku eksistence liecina par cilvēka radniecību ar putniem un rāpuļiem. Jāatzīmē, ka visu hordaiņu attīstība notiek ūdenī (ārpus organisma vai organismā amnija ūdenī).

Ārpusdīgļa apvalki jāva rāpuļiem attīstīties uz sauszemes. Arī cilvēkam ir trīs apvalki, bet to funkcijas ir pārveidojušās, pielāgojoties iekšējai attīstībai.



16.9. attēls. Ārpusdīgļa apvalki

Cilvēka un cāļa attīstības laikā veidojas ārpusdīgļa apvalki. Katrs apvalks veic noteiktas funkcijas.

Cilvēka embrijs neizskatās pēc cilvēka

Embrija attīstība notiek pirmajos divos grūtniecības mēnešos.

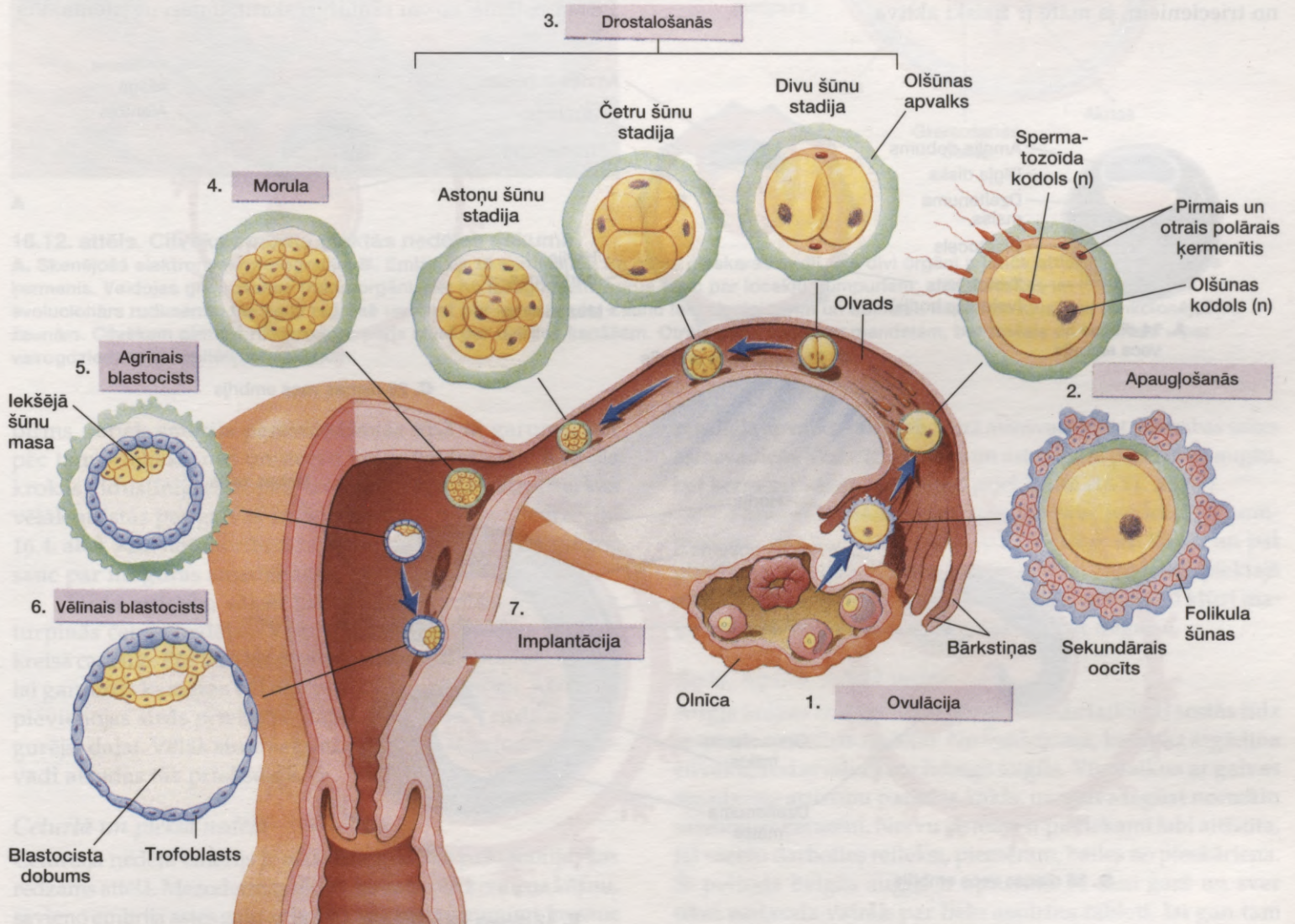
Pirmā nedēļa

Apaugļošanās notiek olvada augšējā trešdaļā (16.10. att.), bet drostalošanās sākas jau tad, kad embrijs virzās lejup pa olvadu uz dzemdi. Aptuveni trīs dienu laikā embrijs sasniedz dzemdi un kļūst par morulu. Tā nav daudz lielāka par zigotu; lai gan ir notikusi šūnu daudzkārtēja dalīšanās, augšana nav notikusi. Aptuveni piecu dienu laikā morula ir pārvērtusies par **blastocistu**; tam ir dobums, kas pildīts ar šķid-

rumu, viena ārējā šūnu kārtā jeb **trofoblasts** (gr. *trophe* – barība un *blastos* – pumpurs) un iekšējā šūnu masa. Vēlāk no trofoblasta, tam pievienojoties mezodermai, rodas horijs – viens no ārpusdīgļa apvalkiem (16.9. att.). Iekšējā šūnu masa kļūst par embriju, bet vēlāk – par augli.

Otrā nedēļa

Pirmās nedēļas beigās sākas embrija ieligzdošanās (implantācija) dzemdē. Trofoblasts izdala enzīmus, kas sašķēļ daļu no dzemdes sienas audiem un asinsvadiem (16.10. att.). Embrijs nu ir aptuveni punktiņa lielumā.



16.10. attēls. Cilvēka attīstība līdz implantācijai

Ovulācijas (1) laikā sekundārais oocīts pamet olnīcu. Tikai viens spermatozoīds izkļūst cauri olšūnas apvalkam, un olvadā notiek apaugļošanās (2). Zigotai virzoties pa olvadu, notiek drostalošanās (3), rezultātā izveidojas morula (4). Pēc tam rodas blastocists (5, 6), kas ieligzdojas dzemdes sienā (7).

Trofoblasts sāk izdalīt horiongonadotropīnu – hormonu, kuru var konstatēt ar grūtniecības testu. Šis hormons uztur dzelteno ķermeni, kas normāli pēc kāda laika uzsūcas. Līdz ar to saglabājas dzemdes endotēlijs un nenotiek menstruācija.

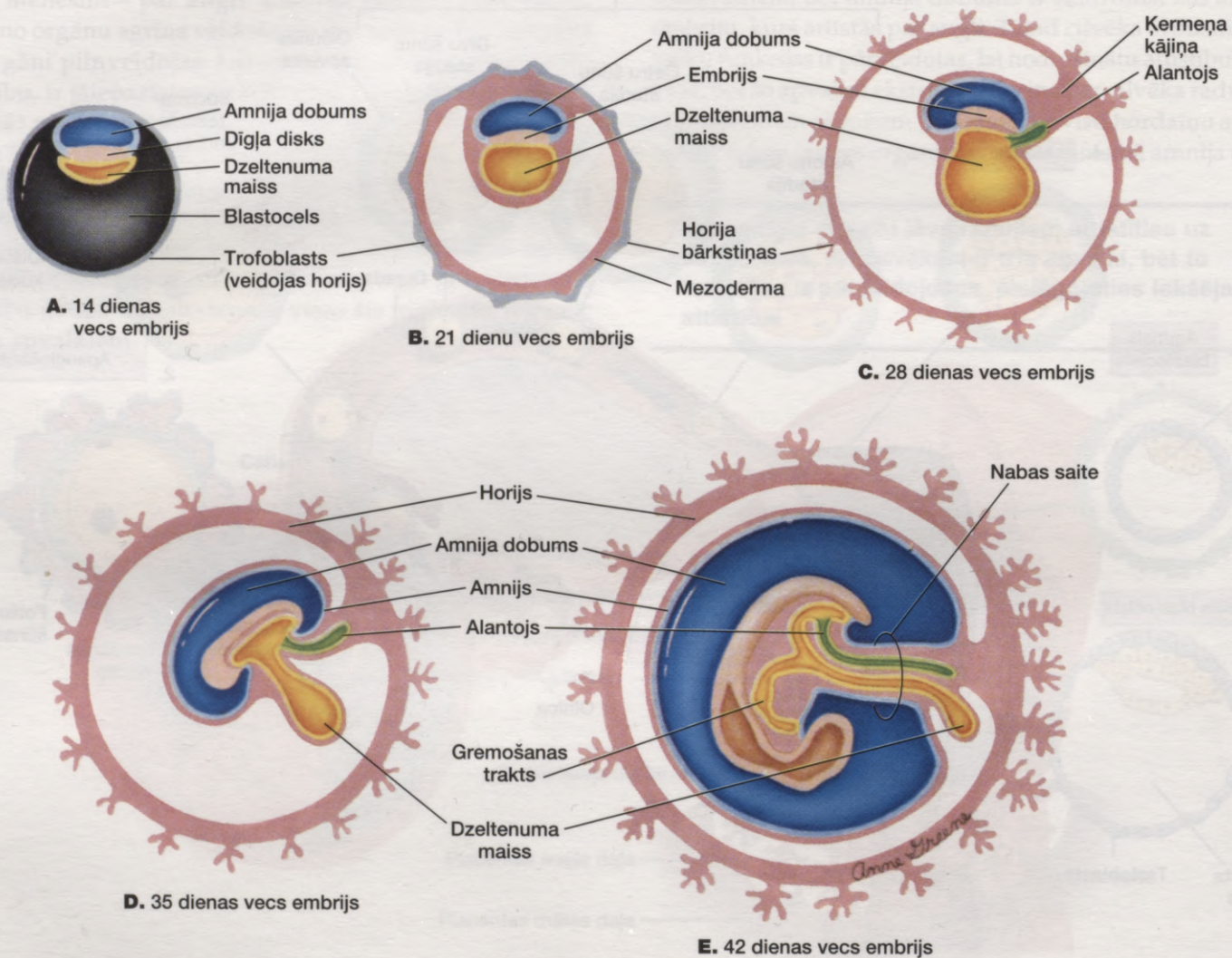
Nedēļas laikā iekšējā šūnu masa atdalās no trofoblasta un veidojas vēl divi ārpusdīgļa apvalki (16.11. att. A). Dzeltenuma maisam, kas veidojas zem embrija diska, nav barotājfunkcijas, kā tas ir cāļa dzeltenuma maisam, bet tā ir pirmo asins šūnu veidošanās vieta. Amnijs veido dobumu, kurā attīstās embrijs un dīgļis. Cilvēkam amnija šķidrums kalpo kā izolators pret aukstumu un karstumu, kā arī tas aizsargā no triecieniem, ja māte ir fiziski aktīva.

Otrajā nedēļā notiek gastrulācija. Iekšējā šūnu masa ir saplacināta un veido **embrija disku**, kas sastāv no divām kārtām – ārējās kārtas jeb ektodermas un iekšējās kārtas jeb entodermas. Kad embrija disks pagarinās, izveidojas primitīva svītra, bet šūnas ap to veido trešo augšlapu jeb mezodermu. Līdzīga svītra ir arī putniem. Trofoblastu papildina mezoderma, un tas kļūst par horiju.

No šīm trim dīgļlapām vēlāk veidojas orgāni (sk. 281. lpp.).

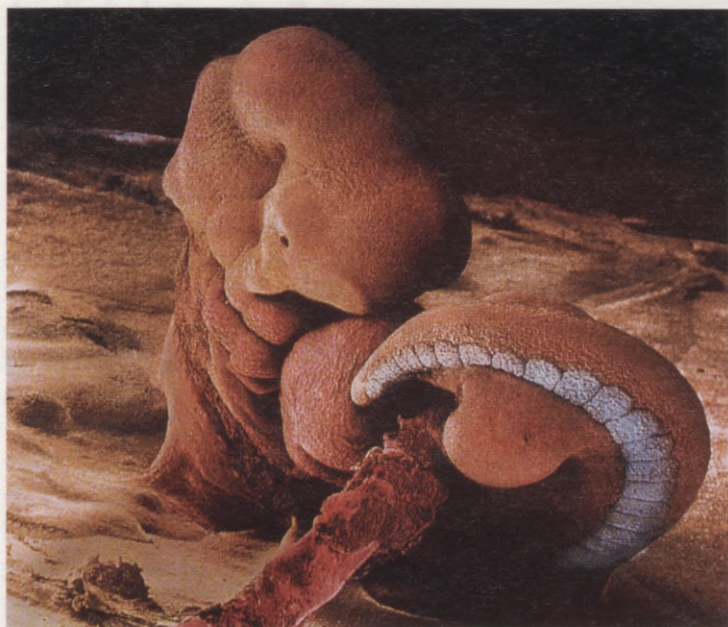
Trešā nedēļa

Divas nozīmīgas orgānu sistēmas parādās trešajā nedēļā. Pirmā sistēma, ko var skaidri saskatīt, ir nervu sistēma. Vis-



16.11. attēls. Cilvēka embrija attīstība

A. Vispirms embrijam ir tikai audi. Amnija dobums ir virs embrija, bet dzeltenuma maiss – zem tā. **B.** Horijam attīstās bārktiņas, kurām ir būtiska nozīme vielu maiņas nodrošināšanā starp māti un bērnu. **C.** Alantojs un dzeltenuma maiss ir vēl divi ārpusdīgļa apvalki. **D.** Šie ārpusdīgļa apvalki piedalās nabas saites veidošanā. **E.** 42 dienu vecam embrijam ir galvas daļa un astes daļa. Caur nabas saiti iet asinsvadi, kas savieno embriju ar placentu.



A

16.12. attēls. Cilvēka embrijs piektās nedēļas sākumā

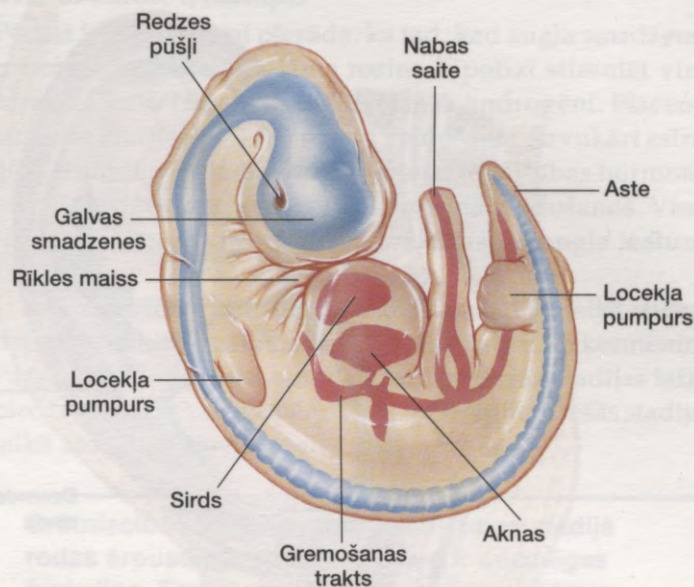
A. Skenējošā elektronmikrografija. **B.** Embrijs ir tā saritinājies, ka galva pieskaras sirdij. Šie divi orgāni ir labāk attīstīti nekā pārējais ķermenis. Veidojas gremošanas trakta orgāni, bet no izaugumiem, kurus sauc par locekļu pumpuriem, attīstās rokas un kājas. Aste ir evolucionārs rudiments, tās kauli regresē un kļūst par aste kaulu. Žaunu loki vienīgi zivīm un abinieku kāpuriem kļūst par funkcionējošām žaunām. Cilvēkam pirmais rīkles maisu pāris kļūst par dzirdes kanāliem. Otrais pāris kļūst par mandelēm, bet trešais un ceturtais – par vairgdziedzeri un epitēlijkermeņiem.

pirms notiek embrija pairesnāšanās visā tā garumā, bet pēc tam – ieliekšanās un nervu koku veidošanās. Kad šīs krokas viduslīnijā sastopas, izveidojas nervu caurulīte, kas vēlāk attīstās par galvas smadzenēm un nervu stiegru (sk. 16.4. att.). Kad notohordu aizstāj mugurkauls, nervu stiegru sauc par muguras smadzenēm.

Sirds attīstība sākas trešajā grūtniecības nedēļā un turpinās četras nedēļas. Vispirms sirdij izveidojas labā un kreisā caurule. Pēc tam tās saplūst un sirds sāk pumpēt asinis, lai gan sirds kameras vēl nav pilnībā izveidojušās. Artērijas pievienojas sirds priekšējai daļai, bet vēnas – sirds aizmugurējai daļai. Vēlāk sirds sagriežas tā, ka visi galvenie asinsvadi atrodas tās priekšdaļā.

Ceturta un piektā nedēļa

Ceturtajā nedēļā embrijs ir nedaudz mazāks par embriju, kas redzams attēlā. Mezodermas tiltniņš, ko sauc par ķermeņa kājiņu, savieno embrija aste galu ar horiju, kuram ir izaugumi, ko sauc par horija bārkstiņām (16.11. att. B). Šajā kājiņā ir ceturtais ār-



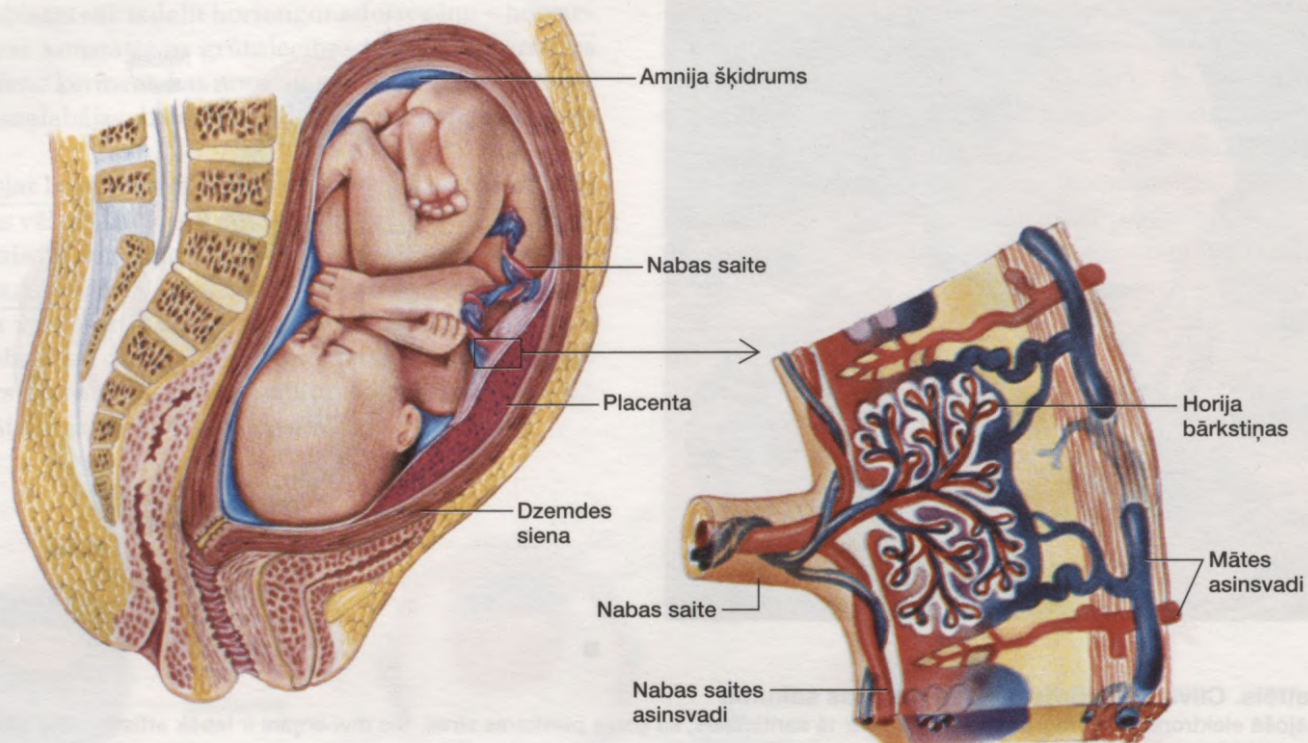
B

pusdīgļa apvalks – alantojs, kura asinsvadi kļūst par nabas saites asinsvadiem. Tad dīgļa galvas un aste daļas paceļas uz augšu, bet ķermeņa kājiņa novietojas priekšpusē (16.11. att. D).

Parādās mazas peldplezmas, ko sauc par locekļu pumpuriem (16.12. att.); no tiem attīstās rokas un kājas, un pat plaukstas un pēdas kļūst saskatāmas. Tajā pašā laikā (piektajā attīstības nedēļā) palielinās galva, labāk saskatāmi kļūst maņu orgāni. Var redzēt acis, ausis un pat degunu.

Sestā, septītā, astotā nedēļa

Augļa ārējais izskats ievērojami mainās laikā no sestās līdz astotajai attīstības nedēļai. No veidojuma, kas maz atgādina cilvēku, rodas cilvēkam līdzīgs auglis. Vienlaikus ar galvas smadzeņu attīstību parādās kakls, un galva iegūst normālu saistību ar ķermeni. Nervu sistēma ir pietiekami labi attīstīta, lai varētu darboties refleksi, piemēram, bailes no pieskāriena. Šī perioda beigās auglis ir aptuveni 38 mm garš un sver tikai nedaudz vairāk par lielo aspirīna tableti, lai gan tam jau ir izveidojušās visas orgānu sistēmas.



16.13. attēls. Placentas uzbūve, kad auglim ir 6–7 mēneši

Placenta ir veidota gan no dīgļa audiem, gan no mātes audiem. Horija bārkstiņas iespiežas dzemdes iekšējā kārtā, un ap tām ir mātes asinis. Caur horija bārkstiņu sieniņām notiek vielu molekulu apmaiņa starp augļa un mātes asinīm.

Placenta nodrošina ar visu nepieciešamo

Placentas veidošanās sākas pēc embrija pilnīgas ieligzdošanās. Horija zarveida izaugumi, kurus sauc par **horija bārkstiņām** (gr. *chorion* – apvalks un lat. *villus* – pinkaini mati), iespiežas mātes audos. Vēlāk šīs bārkstiņas saglabājas tikai tajā vietā, kur veidojas placenta, bet citur izzūd. Desmitajā attīstības nedēļā placenta ir pilnībā izveidojusies un jau sākusi ražot progesteronu un estrogēnu. Šie hormoni iedarbojas divējādi: tie novērš jaunu folikulu nobriešanu, jo ar negatīvās atgriezeniskās saites mehānisma palīdzību kontrolē hipotalāmu un hipofīzes priekšējo daļu, kā arī uztur dzemdes iekšējo kārtu. Līdz ar to dzeltenais ķermenis vairs nav vajadzīgs. Grūtniecības laikā nav menstruāciju.

Placentai ir augļa puse, ko veido horijs, un mātes puse, kuru veido dzemdes audi. 16.13. attēlā ir parādīts, kā horija bārkstiņas apņem mātes asiņu sinusi (dobumi). Lai gan mātes un augļa asinis nekad nesajaucas, caur plazmatiskajām membrānām vienmēr notiek vielu maiņa. Oglekļa dioksīds un citas atkritumvielas pārvietojas no augļa puses uz mātes

pusi, bet barības vielas un skābeklis placentā pārvietojas no mātes puses uz augļa pusi. Starp placentu un augli atrodas nabas saite. Lai gan izliekas, ka nabas saite savieno placentu ar zarnām, tomēr tā tas nav. Nabas saite vienīgi pārvada bērna asinis uz placentu un prom no tās. Nabas saiti var saukt par augļa dzīvības ceļu, jo tajā ir nabas artērijas un vēna, kas aizvada uz placentu atkritumvielas (oglekļa dioksīdu un urīnvielu) izvadišanai laukā, bet piegādā no placentas augļa asinsritei nepieciešamo skābekli un barības vielu molekulas.

Arī kaitīgas vielas var izkļūt cauri placentai. Tas īpaši jāņem vērā tajā embrija attīstības periodā, kad veidojas orgānu sistēmas. Katram orgānam vai tā daļai ir laiks, kad tā ir īpaši jutīga, tāpēc dažādas vielas var traucēt tās normālu attīstību. Piemēram, ja sieviete lieto nomierinošu līdzekli talidomīnu laikā starp 27. un 40. grūtniecības dienu, bērns var piedzimt ar deformētiem locekļiem. Ja šīs zāles lieto pēc 40. grūtniecības dienas, bērnam ir normāli attīstītas rokas un kājas.

Auglis izskatās pēc cilvēka

Auglim attīstoties (3.–9. mēnesis), ievērojami aug tā izmēri. Masa palielinās 600 reizes jeb apmēram no 28 gramiem līdz 3 kilogramiem. Šajā laikā auglis izaug aptuveni 50 cm garš. Trešajā attīstības mēnesī parādās dzimumorgāni un var noteikt augļa dzimumu.

Drīz sejai parādās uzacis un skropstas. Līdz ar to beidzas sejas un galvas attīstība. Sīki, pūkaini matiņi pārklāj locekļus un rumpi. Tie vēlāk pazūd. Auglis atgādina vecu cilvēku, jo āda aug tik strauji, ka sakrokojas. Vaskota, sieram līdzīga kārtiņa (lat. *vernix* – laka, spīdums un *caseus* – siers) aizsargā krokaino ādu no udeņainā amnija šķidrums.

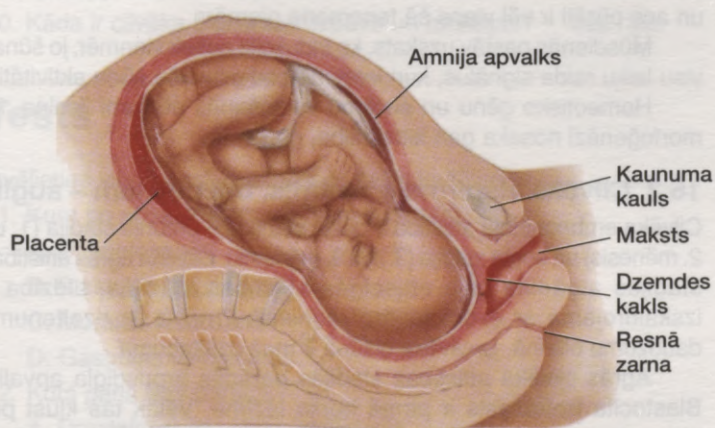
Sākumā auglis kustina tikai kājas un groza galvu, bet vēlāk spēj brīvi kustēties, lai iegrozītos ērtāk. Māte sajūt šīs kustības apmēram no 4. grūtniecības mēneša. Sāk darboties arī citas orgānu sistēmas. Pēc 16. nedēļas augļa sirdspukstus var sadzirdēt ar stetoskopu. Ja auglis piedzimst pēc 24 nedēļām, pastāv iespēja, ka tas var izdzīvot, lai gan plaušas vēl ir nenobriedušas un nespēj pietiekami uzņemt skābekli. Pēdējo divu mēnešu laikā pieaug augļa masa un palielinās iespējas izdzīvot.

Trīs dzemdību stadijas

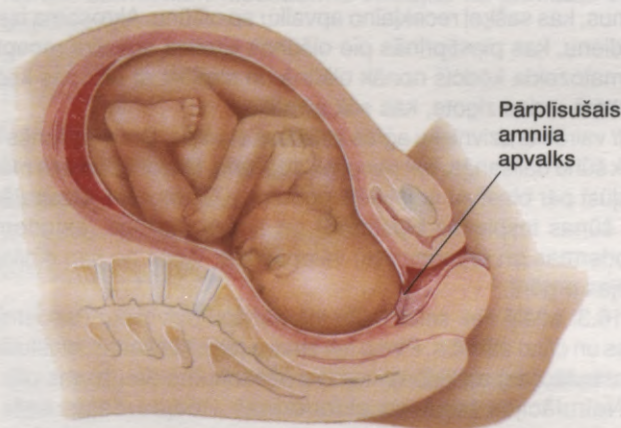
Pēdējā laika pētījumi pierāda, ka tad, kad augļa smadzenes ir nobriedušas, hipotalāms rosina hipofīzi stimulēt virsnieru garozu. Līdz ar to asinīs nonāk androgēni. Placenta izmanto androgēnus estrogēnu veidošanai, savukārt estrogēni stimulē prostaglandīna (vietējas iedarbības hormons, ko izdala daudzas šūnas) un oksitocīna veidošanos. Visas šīs vielas izraisa dzemdes kontrakcijas un augļa izstumšanu.

Dzemdībām ir trīs stadijas. Pirmās stadijas laikā atveras dzemdes kakls, sagatavojot ceļu bērna galvai un ķermenim. Parasti šajā laikā plīst amnija apvalks. Otrās stadijas laikā piedzimst bērns un tiek pārgriezta nabas saite. Trešās stadijas laikā atdalās placenta (16.14. att.).

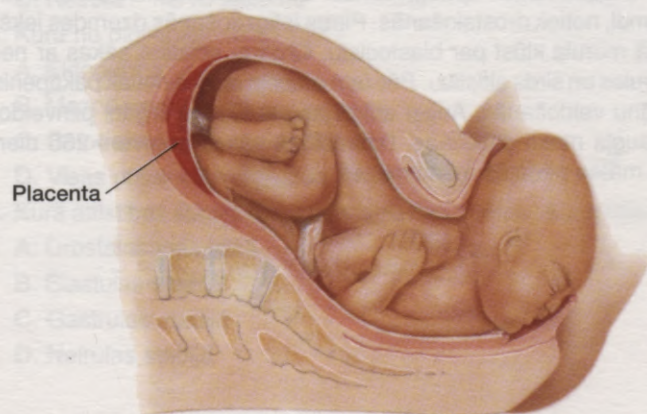
Grūtniecības perioda embrija attīstības stadijā rodas ārpusdīgļa apvalki, kuriem ir nozīmīgas funkcijas. Embrijam veidojas orgānu sistēmas. Augļa attīstības stadijā šīs orgānu sistēmas pilnveidojas. Beigās notiek dzemdības.



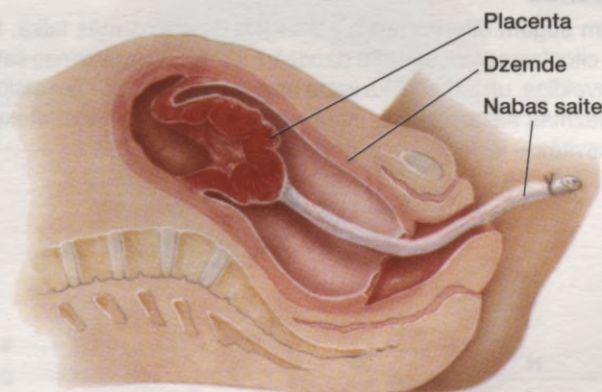
A. Deviņus mēnešus vecs auglis



B. Pirmā dzemdību stadija: dzemdes kakla atvēršanās



C. Otrā dzemdību stadija: bērna dzimšana



D. Trešā dzemdību stadija: placentas un augļa apvalku izvadišana

16.14. attēls. Trīs dzemdību stadijas

A. Bērna novietojums tieši pirms dzemdībām. **B.** Dzemdes kakla atvēršanās. **C.** Bērna dzimšana. **D.** Placentas un augļa apvalku izvadišana.

Pārskats

Ir aplūkots pilns cikls. Sākot vidusskolā mācīties bioloģiju, pirmajā grāmatā jūs iepazīties ar šūnu un ģenētiku, ieskaitot gēnu aktivitātes regulācijas mehānismu. Šajā nodaļā tika aplūkota dzīvnieku attīstība agrās stadijās – morula, blastula, gastrula un tā tālāk. Šo attīstības stadiju secību nodrošina gēnu ekspresija (izpausme), kas rada pārmaiņas šūnās. Līdz ar to organisms atkal tiek pētīts molekulārajā līmenī.

Noskaidrojām, ka hormoni ir signāli, kas ietekmē šūnas vielmaiņu. Dzīvniekiem gēnu iedarbina steroīdie hormoni, bet augiem – giberelīni.

Kad steroīdie hormoni piesaistās īpašiem receptoriem, notiek gēnu transkripcija un translācijas rezultātā rodas atbilstošais proteīns. Attīstības laikā notiek tāda pati signālu transdukcija, tas nozīmē, ka signāls pārtop par norisi, kura ietekmē organismu.

Attīstības laikā veidojas noteikta signālmolekulu secība. Katrs nākamais signāls ieslēdz kādu noteiktu gēnu jeb – visticamāk – gēnu secību. Attīstības laikam raksturīgas gēnu ekspresijas kaskādes. Homeotiskie gēni ir sakārtoti hromosomu kompleksos, un proteīns, ko rada viens gēnu komplekts, darbojas kā transkripcijas faktors, kas

ieslēdz citu gēnu komplektu, utt. Izsekojot mušu attīstībai, ir iespējams novērot, kā hromosomā uzpūšas vispirms viens gēnu rajons, pēc tam cits. Tas norāda, ka gēni attīstības laikā tiek transkribēti noteiktā secībā.

Attīstības bioloģija mūsdienās dod ieguldījumu evolūcijas laukā. Homeotiskie gēni ar vienādiem homeoboksiem (aptuveni 180 bāzu pāru secības) ir atklāti daudzos dažāda veida organismos. Tas liecina, ka homeotiskie gēni ir parādījušies evolucionāri agrām dzīvības formām un šo gēnu mutācijas var būt makroevolūcijas (jaunu sistēmātikas vienību rašanās) cēlonis.

Kopsavilkums

16.1. Attīstības stadijas

Pēc apaugļošanās notiek attīstība. Spermatozoīda akrosoma izdala enzīmus, kas sašķeļ receklaino apvalku ap olšūnu. Akrosoma izsviež pavedienu, kas piestiprinās pie olšūnas vitelīna apvalka receptora. Spermatozoīda kodols nonāk olšūnā un saplūst ar olšūnas kodolu. Rezultātā rodas zigota, kas sāk attīstīties.

Ir vairākas dzīvnieku agrās attīstības stadijas. Drostalošanās laikā notiek šūnu dalīšanās, bet nenotiek augšana. Rezultātā rodas morula, kas kļūst par blastulu ar iekšējo dobumu – blastocelu. Gastrulācijas laikā šūnas iespiežas blastocelā un notiek dīgļlapu (ektodermas, mezodermas un entodermas) veidošanās. Vēlāk no šīm dīgļlapām veidojas orgāni.

16.3. attēlā tiek salīdzināta trīs dažādu dzīvnieku (lancetnieka, vārdes un cāļa) attīstība. Pirmo trīs stadiju (drostalošanās, blastulācijas un gastrulācijas) atšķirības nosaka dzeltenuma daudzums olā.

Neirulācijas laikā no ektodermas vidējās daļas tieši virs notohordas veidojas nervu sistēma. Tagad ir iespējams uzzīmēt tipisku mugurkaulnieka embriju šķērs griezumā (16.5. att.).

16.2. Šūnu specializācija un embrija formas veidošanās

Daudzām sugām diferenciācija sākas jau drostalošanās laikā, kad olšūnas citoplazma tiek sadalīta daudzām šūnām. Citoplazmas saturs nav vienvēidīgs, un jādodomā, ka katra no šīm pirmajām šūnām atšķiras ar citoplazmas saturu. Dažā, iespējams, ir vielas, kas var ietekmēt gēnu aktivitāti – ieslēgt dažus gēnus, bet citus izslēgt.

Pēc pirmās vārdes olšūnas drostalošanās meitšūnas spēj attīstīties par embriju tikai tad, ja tās ir saņēmušas daļu no pelēkā pusmēness. Tas liecina par citoplazmatiskās iedzimtības nozīmi, it sevišķi abiniekiem, agrās attīstības stadijās.

Morfoģenēzē ir iesaistīts indukcijas process. Notohorda inducē nervu caurules veidošanos abiniekiem. Abpusējā indukcija starp lēcu un acs pūslīti ir vēl viens šā fenomena piemērs.

Mūsdienās pastāv uzskats, ka indukcija notiek vienmēr, jo šūnas visu laiku raida signālus, kuri ietekmē blakusesošo šūnu aktivitāti.

Homeotisko gēnu un sistēmu veidošanās pētījumi liecina, ka morfoģenēzi nosaka gan iedzimtība, gan vide.

16.3. Cilvēks vispirms ir embrijs, bet pēc tam – auglis

Cilvēka embrionālajā attīstībā ir divas stadijas – embrija stadija (1. un 2. mēnesis) un augļa stadija (3. līdz 9. mēnesis). Cilvēka agrās attīstības stadijas atgādina cāļa attiecīgās attīstības stadijas. Līdzība ir izskaidrojama ar evolucionāro radniecību, nevis ar dzeltenuma daudzumu olšūnā, jo cilvēka olšūnā ir maz dzeltenuma.

Agrās cilvēka attīstības stadijās parādās ārpusdīgļa apvalki. Blastocīta trofoblasts ir pirmā horija iezīme. Vēlāk tas kļūst par placentas augļa pusi. Placentā notiek vielu apmaiņa starp māti un augli. Amnija dobumā ir amnija šķidrums, kas apskalo un aizsargā dīgli. Ir arī dzeltenuma maiss un alantojs.

Olvadā notiek apaugļošanās. Embrijam virzoties pa olvadu uz dzemdi, notiek drostalošanās. Pirms ieligzdošanās dzemdes iekšējā kārtā morula kļūst par blastocistu. Orgānu attīstība sākas ar nervu caurules un sirds attīstību. Pēc tam embrija stadijā notiek pakāpeniska orgānu veidošanās. Augļa attīstības stadijā šie orgāni pilnveidojas un augļa masa palielinās. Dzemdības sākas aptuveni 280 dienas pēc mātes pēdējās mēnešreizes.

Pārbaudiet sevi

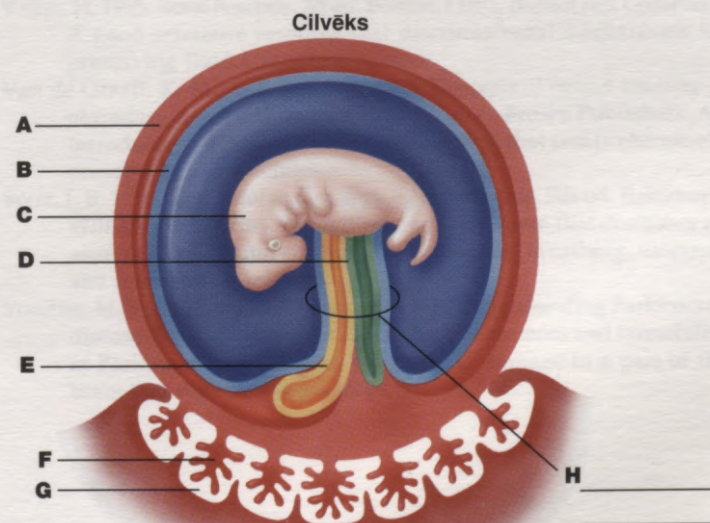
1. Kā notiek jūraszvaigznes apaugļošanās? 280. lpp.
2. Kas ir dīgļlapu teorija? Kuri orgāni no katras dīgļlapas veidojas? 281. lpp.
3. Salīdziniet drostalošanos, blastulas un gastrulas veidošanos lancetniekam, vardei un cālim! 282.–283. lpp.
4. Uzzīmējiet hordaiņa embrija šķērsriezumu neirulas stadijā! Pierakstiet pie zīmējuma paskaidrojumus! 283. lpp.
5. Kādā veidā blakusesošo šūnu signāli ietekmē šūnu diferenciāciju un morfoģenēzi? Kāda ir šo signālu iedarbība uz uztvērējšūnām? 284.–285. lpp.
6. Aprakstiet H. Špēmaņa veikto eksperimentu, kas liecina, ka notohordā ir informācija, kas nepieciešama nervu caurulītes veidošanai! Miniet vēl vienu blakusesošo audu indukcijas piemēru! 285. lpp.
7. Kāda ir homeotisko gēnu funkcija? Kāda ir homeoboksu nozīme šajos gēnos? 287. lpp.
8. Nosauciet cilvēka ārpusdīgļa apvalkus! Miniet katra apvalka funkciju un salīdziniet tās ar attiecīgo cāļa apvalku funkcijām! 288. lpp.
9. Kur notiek apaugļošanās, drostalošanās, morulas un blastocista veidošanās cilvēka organismā? Kas ar embriju notiek dzemdē? 289. lpp.
10. Kāda ir cilvēka placentas uzbūve un funkcijas? 292. lpp.

Tests

Izvēlieties vienu pareizo atbildi uz katru jautājumu!

1. Kura no nosauktajām stadijām ir pirmā?
 - A. Drostalošanās
 - B. Blastulas veidošanās
 - C. Morulas veidošanās
 - D. Gastrulas veidošanās
2. Kurš pāris **nav** pareizs?
 - A. Drostalošanās – šūnu dalīšanās
 - B. Blastula – zarnas veidošanās
 - C. Gastrula – trīs dīgļlapas
 - D. Neirula – nervu sistēma
3. Kura no dīgļlapām veido sirdi?
 - A. Ektoderma
 - B. Mezoderma
 - C. Entoderma
 - D. Visas nosauktās dīgļlapas
4. Kurā attīstības stadijā daudziem embrijiem sākas diferenciācija?
 - A. Drostalošanās laikā
 - B. Blastulas stadijā
 - C. Gastrulas stadijā
 - D. Neirulas stadijā

5. Ar ko ir saistīta morfoģenēze?
 - A. Vispārēja augšana
 - B. Vienu audu indukcija ar citu audu palīdzību
 - C. Ģenētiskas mutācijas
 - D. Ooģenēze
6. Cilvēkam placenta veidojas no horija. Ko tas liecina par cilvēka attīstību?
 - A. Tā atgādina cāļa attīstību
 - B. Tā ir saistīta ar ārpusdīgļa apvalkiem
 - C. To nevar salīdzināt ar dzīvnieku attīstību
 - D. Tā sākas tikai pēc implantācijas
7. Kurš apgalvojums par cilvēka augli ir pareizs?
 - A. Ap to ir četri ārpusdīgļa apvalki
 - B. Tam ir izveidoti orgāni un cilvēka izskats
 - C. Tā eksistence ir atkarīga no placentas, kas aizvada atkritumvielas un piegādā barības vielas
 - D. Pareizās atbildes ir B un C
8. Kurš apgalvojums par attīstības pārmaiņām ir pareizs?
 - A. Tām ir nepieciešama augšana, diferenciācija un morfoģenēze
 - B. Pārmaiņas nenotiek, kad organisms ir pieaudzis
 - C. Tās ir atkarīgas no gēnu sadalījuma meitšūnās
 - D. Pareizās atbildes ir A un C
9. Kuram dzīvniekam mezoderma veidojas kā primārās zarnas izspilējums?
 - A. Lancetniekam
 - B. Vardei
 - C. Cālim
 - D. Visas atbildes ir pareizas
10. Kurš pāris **nav** pareizs?
 - A. Galvas smadzenes – ektoderma
 - B. Zarnas – entoderma
 - C. Kauli – mezoderma
 - D. Lēcas – entoderma
11. Kā sauc burtiem atbilstošos ārpusdīgļa apvalkus? Kādas ir katra ārpusdīgļa apvalka funkcijas cilvēka organismā?



Papildjautājumi

1. *Vesels organisms attīstās no vienas šūnas.*
Kuri procesi galvenokārt ir iesaistīti attīstībā?
2. *Attīstībā ir iesaistīti ķīmiskie signāli.*
Vai šos ķīmiskos signālus var uzskatīt par hormoniem? Atbildi pamatojiet!
3. *Attīstību regulē gēni.*
Saskaņojiet šo apgalvojumu ar novērojumu, ka attīstība ir secīga!

Multimediju izmantošana

Tēmu par attīstību palīdzēs apgūt šādi multimēdiji.



Interneta izmantošana

Šo nodaļu jums palīdzēs apgūt Maderas mājas lapa

<http://www.mhhe.com/sciencemath/biology/mader>

(izvēlieties bioloģiju)



Dabaszinātņu videofilmas

Video #2: *Cell Division/Hereditiy/Genetics/Reproduction and Development*

Human Embryonic Development (#21)

Jēdzienu izpratne

Alantojs 288. lpp.	Gastrulācija 281. lpp.
Amnijs 288. lpp.	Homeobokss 287. lpp.
Apaugļošanās 280. lpp.	Horija bārkstiņas 292. lpp.
Ārpusdīgļa apvalks 288. lpp.	Horijs 289. lpp.
Blastocels 281. lpp.	Ieligzdošanās (implantācija) 289. lpp.
Blastocists 289. lpp.	Indukcija 285. lpp.
Blastula 281. lpp.	Mezoderma 281. lpp.
Cilvēka horiongonadotropīns 290. lpp.	Morfoģenēze 284. lpp.
Dīgļa disks 290. lpp.	Morula 281. lpp.
Dīgļlapa 281. lpp.	Nabas saite 291. lpp.
Dobums 293. lpp.	Nervu caurule 283. lpp.
Drostalošanās 280. lpp.	Nervu plātne 283. lpp.
Dzeltenuma maiss 288. lpp.	Notohorda 283. lpp.
Dzeltenums 280. lpp.	Pelēkais pusmēness 284. lpp.
Ektoderma 281. lpp.	Placenta 292. lpp.
Embrija periods 288. lpp.	Sistēmas veidošanās 287. lpp.
Embrijs 280. lpp.	Šūnu diferenciācija 284. lpp.
Entoderma 281. lpp.	Trofoblasts 289. lpp.
Gastrula 281. lpp.	

Atrodiet definīcijām atbilstošos jēdzienus!

- A. _____ – vielas vai audu spēja ietekmēt citus audus.
- B. _____ – šūnas dalīšanās bez citoplazmas palielināšanās, kas notiek pirmās attīstības stadijas laikā.
- C. _____ – primārā mugurkaulnieku audu kārtā (ektoderma, entoderma un mezoderma).
- D. _____ – putnu, rāpuļu un zīdītāju ārpusdīgļa apvalks, kas veido ar šķidrumu pildītu dobumu.
- E. _____ – doba, ar šķidrumu pildīta lode, kas dzīvniekiem veidojas pirms gastrulas parādīšanās.
- F. _____ – secība, kas sastāv no 180 nukleotīdiem un atrodas visos homeotiskajos gēnos. Tā kalpo genoma daļu pazišanai un atrodas dažādos organismos. Tā ir aktīva orgānu veidošanās laikā.
- G. _____ – embrija šūnu pārveidošanās agrās attīstības stadijās; rezultātā veidojas ķermeņa forma.
- H. _____ – šūnu specializēšanās pēc uzbūves un funkcijām agrās attīstības stadijās.
- I. _____ – dzīvnieka attīstības stadija, kuras laikā ieliekšanās dēj veidojas dīgļlapas.
- J. _____ – veidojums, kas placentāļiem zīdītājiem attīstības laikā rodas no horija un dzemdes sienas. Tas nodrošina augļa apgādi ar barības vielām un aizvada projām atkritumvielas.

Ieteicamā papildliteratūra II daļai

- Alcamo, I. E. 1996. *AIDS: The biological basis*. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers. This easily understood book focuses on the biology of AIDS.
- Alexander, N. J. March/April 1996. Barriers to sexually transmitted diseases. *Scientific American Science & Medicine* 3(2): 32. Article discusses the effectiveness of certain contraceptives in protecting women against STDs.
- Alexander, N. J. September 1995. Future contraceptives. *Scientific American* 273(3): 136. Article discusses the possibility of contraceptive vaccines for both men and women.
- Applegate, E. J. 1995. *The anatomy and physiology learning system*. Philadelphia: W. B. Saunders Publishing. Designed for a one-semester introductory course, this text provides fundamental information for students with minimal science background.
- Axel, R. October 1995. The molecular logic of smell. *Scientific American* 273(4): 154. Article discusses how the brain identifies a scent by neuron activation.
- Beardsley, T. March 1996. Vital data. *Scientific American* 274(3): 100. DNA tests for a wide array of conditions are becoming available.
- Beardsley, T. August 1997. The machinery of thought. *Scientific American* 277(2): 78. Researchers have identified the area of the brain responsible for memory.
- Beck, G., and Habicht, G. S. November 1996. Immunity and the invertebrates. *Scientific American* 275(5): 60. Nearly all aspects of the human immune system appear to have a cellular or chemical parallel among the invertebrates.
- Benjamini, E., and Leskowitz, S. 1996. *Immunology: A short course*. 3d ed. New York: John Wiley & Sons. Presents the essential principles of immunology.
- Bikle, D. D. March/April 1995. A bright future for the sunshine hormone. *Scientific American Science & Medicine* 2(2): 58. Vitamin D receptors exist in many types of cells, suggesting therapeutic uses for the hormonally active metabolite of vitamin D.
- Caldwell, J. C., and Caldwell, P. March 1996. The African AIDS epidemic. *Scientific American* 273(3): 62. Article discusses a factor most likely responsible for causing the high rate of AIDS transmission in Africa.
- Cox, F. D. 1996. *The AIDS booklet*. 4th ed. Dubuque, Iowa: Brown & Benchmark Publishers. This easy to read, informative booklet covers the transmission, prevention, and treatment of AIDS.
- Davis, D. L., and Bradlow, H. L. April 1995. Can environmental estrogens cause breast cancer? *Scientific American* 273(4): 166. Estrogenlike compounds found in the environment may contribute to breast cancer.
- Fox, S. I. 1996. *Human physiology*. 5th ed. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers. This is an introductory physiology text.
- Grillner, S. January 1996. Neural networks for vertebrate locomotion. *Scientific American* 274(1): 64. Discoveries about how the brain coordinates muscle movement raise hopes for restoration of mobility for some accident victims.
- Guyton, A. C., and Hall, J. E. 1996. *Textbook of medical physiology*. Presents physiological principles for those in the medical fields.
- Hadley, M. E. 1996. *Endocrinology*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. This text discusses the role of chemical messengers in the control of neurological processes.
- Julien, R. M. 1995. *A primer of drug action*. 7th ed. New York: W. H. Freeman and Company. A concise, nontechnical guide to the actions, uses, and side effects of psychoactive drugs.
- MacDonald, P. C., and Casey, M. L. March/April 1996. Preterm birth. *Scientific American Science & Medicine* 3(2): 42. Article discusses the role of oxytocin, prostaglandins, and infections in the initiation of human labor.
- Mader, S. S. 1997. *Understanding anatomy and physiology*. 3d ed. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers. A text that emphasizes the basics for beginning allied health students.
- Marieb, E. N. 1997. *Human anatomy and physiology*. 4th ed. Redwood City, Calif.: Benjamin/Cummings Publishing. A thorough anatomy and physiology text that can safely be used as a complete and accurate reference.
- Marieb, E. N., and Mallatt, J. 1997. *Human anatomy*. 2d ed. Redwood City, Calif.: Benjamin/Cummings Publishing. An introductory anatomy text that covers gross, microscopic, developmental, and clinical anatomy.
- Nolte, J. 1993. *The human brain*. 3d ed. St. Louis: Mosby-Year Book, Inc. Beginners are guided through the basic aspects of brain structure and function.
- Nusslein-Volhard, C. August 1996. Gradients that organize embryo development. *Scientific American* 275(2): 54. Nobel Prize winning researcher describes how chemical gradients of substances called morphogens give an evolving embryo its shape.
- Scanlon, V. C., and Sanders, T. 1995. *Essentials of anatomy and physiology*. 2d ed. Philadelphia: F. A. Davis Company. This introductory text is designed for students with diverse educational backgrounds.
- Schwartz, W. J. May/June 1996. Internal timekeeping. *Science & Medicine* 3(3): 44. Article discusses circadian rhythm mechanisms.
- Shier, D., et al. 1996. *Hole's human anatomy & physiology*. 7th ed. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers. An introductory anatomy and physiology text that has proved useful to beginning students.
- Sussman, N. L., and Kelly, J. H. May/June 1995. The artificial liver. *Scientific American Science & Medicine* 2(3): 68. An artificial liver might assist temporarily while the natural liver regenerates, restoring normal function.
- Swerdlow, J. L. June 1995. The brain. *National Geographic* 187(6): 2. New research leads to treatments for many age-old disorders.
- Thomas, E. D. September/October 1995. Hematopoietic stem cell transplantation. *Scientific American Science & Medicine* 2(5): 38. Article discusses reconstituting marrow from cultured stem cells for bone marrow transplants.
- Tortora, G. J., and Grabowski, S. R. 1996. *Principles of anatomy and physiology*. 8th ed. New York: HarperCollins College Publishers. An introductory anatomy and physiology text that presents basic information in an easy to understand manner.
- Valtin, H. 1995. *Renal function*. 3d ed. Boston: Little, Brown and Company. A good reference resource that discusses renal mechanisms for preserving fluid and solute balance.
- Van de Graaff, K. M., and Fox, S. I. 1995. *Concepts of human anatomy & physiology*. 4th ed. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers. An introductory anatomy and physiology text that comprehensively presents basic principles.
- West, J. B. 1995. *Respiratory physiology – the essentials*. 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins. A good reference resource that discusses all aspects of respiratory physiology including breathing, external, and internal respiration.
- Youdim, M. B., and Riederer P. January 1997. Understanding Parkinson's disease. *Scientific American* 276(1): 52. The tremors and immobility of Parkinson's disease can be traced to damage in a part of the brain that regulates movement.

Atbildes

1. nodaļa

Tests

1. C. 2. B. 3. C. 4. C. 5. B. 6. B. 7. B. 8. C.
9. C. 10. B. 11. A. Epiderma. B. Serde.
C. Endoderma. D. Lūksne. E. Koksne.
Skatīt arī 1.8. attēlu 10. lpp. 12. A. Virsējā
epiderma. B. Zedeņu parenhīma. C. Lapas
dzīsla. D. Čauganā parenhīma. E. Apakšējā
epiderma. Skatīt arī 1.18. attēlu 20. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Mezofils. B. Vaskulārais kambijs.
C. Parenhīma. D. Korķis. E. Saknenis.
F. Dīgllapa. G. Stīga. H. Lūksne. I. Koksne.
J. Kutikula.

2. nodaļa

Tests

1. D. 2. A. 3. C. 4. B. 5. C. 6. D. 7. C. 8. D.
9. Shēmā redzams, ka gaisa spiediens var
pacelt dzīvsudraba stabiņu tikai 76 cm
augstumā. Kad ūdens cilindrā iztvaiko, tas
velk līdz dzīvsudraba stabiņu un paceļ to
augstāk. Tas liecina, ka transpirācijas
rezultātā ūdens var pacelties līdz koku
galotnēm. 10. Skatīt 2.10. attēlu 34. lpp. Kad
K⁺ joni ir iekļuvuši atvārsnītes
slēdzējšūnās, osmozes rezultātā tajās
ieplūst ūdens un atvārsnīte atveras.
11. Kolbā, kura atrodas kreisajā pusē,
šķīdums ir koncentrētāks nekā labajā pusē
esošajā kolbā. Tāpēc ūdens ieplūst kolbā,
kas atrodas kreisajā pusē. Rezultātā rodas
pozitīvs spiediena potenciāls, kas liek
ūdenim plūst labajā pusē esošajā kolbā.
Skatīt arī attēlu 37. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Saknes spiediens. B. Gutācija.
C. Spiediena-plūsmas modelis. D. Epifīts.
E. Transpirācija. F. Ūdens potenciāls.
G. Spurgaliņa. H. Gumiņš. I. Mikoriza.
J. Slēdzējšūna.

3. nodaļa

Tests

1. D. 2. B. 3. E. 4. A. 5. C. 6. B. 7. D. 8. B.
9. D. 10. D. 11. A. 12. A. Epidermas šūna.

B. Slēdzējšūna. Fitohormons abscizskābe
izraisa K⁺ jonu izkļūšanu laukā no
slēdzējšūnām. Līdz ar to no šūnas izplūst
arī ūdens un atvārsnīte aizveras.

Jēdzienu izpratne

A. Diennakts jeb cirkadiālais ritms.
B. Fototropisms. C. Ģeotropisms.
D. Lapkritis. E. Tropisms. F. Giberelīns.
G. Auksīns. H. Etilēns. I. Abscizskābe.
J. Fotoperiodisms.

4. nodaļa

Tests

1. C. 2. A. 3. B. 4. A. 5. A. 6. B. 7. A. 8. B.
9. C. 10. D. 11. A. Sporofīts. B. Mejoze.
C. Mikrospora. D. Megaspora.
E. Mikrogametofīts (ziedputeksnis).
F. Megagametofīts (dīglsoma). G. Olšūna
un spermijis. H. Apaugļošanās. I. Zigota.
J. Sēkla. Skatīt arī 4.1. attēlu 60. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Auglēnīca. B. Auglis. C. Auglēnīca.
D. Dīgļpumpurs. E. Appute.
F. Megagametofīts. G. Sēkla.
H. Ziedputeksnis. I. Zieds. J. Dīgllapa.

5. nodaļa

Tests

1. B. 2. B. 3. A. 4. D. 5. D. 6. D. 7. B. 8. D.
9. D. 10. C. 11. A. Gludie muskuļaudi.
B. Asins šūnas – saistaudi. C. Nervaudi.
D. Cilindriskais stabiņepitēlijs.

Jēdzienu izpratne

A. Taukaudi. B. Āda. C. Šķērsvitrots.
D. Homeostāze. E. Neirons. F. Epiderma.
G. Cīpsla. H. Sirds muskulis. I. Epitēlijaudi.
J. Asinis.

6. nodaļa

Tests

1. B. 2. B. 3. A. 4. D. 5. D. 6. C. 7. B. 8. B.
9. D. 10. B. 11. D. 12. A. Aorta. B. Kreisā
plaušu artērija. C. Plaušu stubrs.
D. Kreisās plaušu vēnas. E. Kreisais
priekškambaris. F. Pūsmēness vārstuļi.
G. Divviru vārstulis. H. Kreisais kambaris.

I. Šķērssienu. J. Apakšējā dobā vēna.
K. Labais kambaris. L. Šķiedrainās saites.
M. Atrioventrikulārais (trīsviru) vārstulis.
N. Labais priekškambaris. O. Labās plaušu
vēnas. P. Labās plaušu artērijās. R. Augšējā
dobā vēna. Skatīt arī 6.6.A. attēlu 105. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Artērija. B. Aglutinācija.
C. Asinsspiediens. D. Eritrocīti. E. Divviru
vārstulis. F. Makrofāgs. G. Asins plazma.
H. Aorta. I. Hemoglobīns. J. Arteriola.

7. nodaļa

Tests

1. D. 2. D. 3. A. 4. B. 5. C. 6. B. 7. A. 8. A.
9. B. 10. D. 11. A. – T-līdzētājšūnas rada
limfokinīnus un stimulē citas imūnšūnas.
B. T-supresoršūnas aplāpē T-līdzētājšūnu
turpmāko attīstību un kavē B un C šūnu
imūnreakcijas. C. Atmiņas T-šūnas reaģē uz
noteiktiem antigēniem, radot aktīvo
imunitāti. D. T-galētājšūnas sameklē un
noārda šūnas, kurās ir antigēns.

Jēdzienu izpratne

A. Imunitāte. B. Vakcīna. C. Limfa.
D. Antigēns. E. Antiviela. F. T-limfocīts.

8. nodaļa

Tests

1. A. 2. B. 3. D. 4. B. 5. C. 6. A. 7. C. 8. C.
9. D. 10. C. 11. D. 12. C. 13. 1. mēģenē
nenotiek gremošana, nav enzīma un HCl;
2. mēģenē nedaudz notiek gremošana, nav
HCl; 3. mēģenē nenotiek gremošana, nav
enzīma; 4. mēģenē notiek gremošana, ir gan
enzīms, gan HCl.

Jēdzienu izpratne

A. Vitamīni. B. Lipāze. C. Limfas kapilārs.
D. Barības vads. E. Žultspūslis. F. Pepsīns.
G. Tripsīns. H. Peristaltika. I. Žults.
J. Zarnu bārktīņas.

9. nodaļa

Tests

1. A. 2. B. 3. B. 4. D. 5. C. 6. B. 7. C. 8. B.
9. D. 10. B. 11. A. Deguna dobums.

B. Nāsis. C. Rikle. D. Uzbalsenis. E. Balss sprauga. F. Balsene. G. Traheja jeb elpvads. H. Bronhs. I. Bronhiola. J. Plauša. K. Diafragma. L. Plaušu vēnula. M. Plaušu arteriola. N. Alveola. O. Kapilāru tikls. Skatīt arī 9.6. attēlu 160. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Rikle. B. Diafragma. C. Balss saite. D. Hidrogēnkarbonāts. E. Krūšu dobūms. F. Bronhi. G. Hemoglobīns. H. Žaunas. I. Izelpa. J. Alveolas.

10. nodaļa

Tests

1. D. 2. A. 3. C. 4. B. 5. A. 6. C. 7. B. 8. D. 9. A. 10. B. 11.A. Filtrācija spiediena ietekmē. B. Kamoliņi. C. Nefrona kapsula. D. Selektīvā reabsorbcija. E. Proksimālie likumainie kanāliņi. F. Ūdens. G. Kanāliņu sekrēcija. H. Distālie likumainie kanāliņi. I. Ūdens reabsorbcija. J. Ūdens reabsorbcija. K. Nefrona cilpa. L. Kapilārs ap kanāliņu. M. Savācējkanāliņš. N. Ekskrēcija. O. Nieres bļodiņa. Skatīt arī 10.9. attēlu 177. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Malpigijs vadi. B. Nefrona kapsula. C. Distālais likumainais kanāliņš. D. Aldosterons. E. Urīnskābe. F. Urīnviela. G. Nefrons. H. Nefrona cilpa. I. Proksimālais likumainais kanāliņš. J. Urīnvads.

11. nodaļa

Tests

1. D. 2. B. 3. D. 4. C. 5. A. 6. A. 7. B. 8. D. 9. B. 10. B. 11.A. Centrālais kanāls. B. Pelēkā viela. C. Baltā viela. D. Mugurējās saknītes ganglijs. E. Jušanas neirona ķermenis. F. Jušanas neirons. G. Receptors. H. Efektors. I. Kustību jeb motorais neirons. J. Kustību neirona ķermenis. K. Starpneirons.

Jēdzienu izpratne

A. Reflekss. B. Neurotransmisīvā viela. C. Autonomā nervu sistēma. D. Ganglijs. E. Acetilholīns.

12. nodaļa

Tests

1. D. 2. C. 3. C. 4. D. 5. D. 6. C. 7. C. 8. B. 9. D. 10. C. 11.A. Starene (notur lēcu vietā, akomodācija). B. Lēca (lauž un fokusē gaismas starus). C. Varavīksnene (regulē gaismas ieklūdi). D. Zilīte (ielaiž gaismu). E. Radzene (lauž gaismas starus). F. Centrālā bedrīte (ļauj saskatīt asu attēlu). G. Redzes nervs (vada impulsus uz smadzenēm). H. Cīpslene jeb sklēra (aizsargā un balsta acābolu). I. Dzīslene (absorbē gaismas starus). J. Tiklene (satur redzes receptorus). Skatīt arī 12.6. attēlu 209. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Jušanas receptors. B. Tiklene. C. Bungplēvīte. D. Redzes nervs. E. Cīpslene. F. Vālītes. G. Hemoreceptori. H. Mehanoreceptori. I. Spirālais jeb Kortija orgāns. J. Gliemezis.

13. nodaļa

Tests

1. B. 2. F. 3. C. 4. E. 5. B. 6. B. 7. B. 8. C. 9. D. 10. D. 11.A. Aktīva šķiedra. B. Miozīna šķiedra. C. Z līnija. D. H zona. E. A josla. F. I josla. Skatīt arī 13.12. attēlu 232. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Osteoblasts. B. Muskuļa darbības potenciāls. C. Osteoklasts. D. Pavedienu slīdēšanas teorija. E. Aktīns. F. Ekstremitāšu skelets. G. Ass skelets. H. Plecu josla. I. Iegurņa josla. J. Nervu-muskuļu savienojums.

14. nodaļa

Tests

1. F. 2. B. 3. C. 4. A. 5. E. 6. C. 7. A. 8. D. 9. B. 10. D. 11. A. 12.A. Augsts nātrija līmenis. B. Inhibēšana. C. Renīns. D. Angiotenzīns I un II. E. Aldosterons. Kad asinīs ir zems nātrija līmenis, nierēs sekretē renīnu, kas stimulē angiotenzīna I un II veidošanos. Tas savukārt stimulē aldosterona izdalīšanos no virsnieru

garozas. Nieres absorbē nātriju. Skatīt arī 14.9. attēlu 249. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Aldosterons. B. Hormons. C. Antidiurētiskais hormons. D. Epifīze. E. Adrenokortikotropīns. F. Vairogdziedzeris. G. Glikagons. H. Augšanas hormons.

15. nodaļa

Tests

1. B. 2. D. 3. C. 4. D. 5. C. 6. C. 7. C. 8. C. 9. A. 10.A. Urīnvads. B. Sēklas pūslītis. C. Priekšdziedzeris. D. Sēklas izviedējvads. E. Sīpoliņa dziedzeris. F. Anālā atvere. G. Sēklinieka piedēklis. H. Sēklinieka maisiņš. I. Sēklinieks. J. Priekšādiņa. K. Dzimumlocekļa galviņa. L. Dzimumlocekļis. M. Urīnizvadkanāls. N. Sēklvads. O. Kauls. P. Urīnpūslis. Spermas ceļš: sēklinieki, priekšdziedzeris, sēklvads, urīnizvadkanāls. Skatīt arī 15.4. attēlu 264. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Ovulācija. B. Metamorfoze. C. Partenogēnēze. D. Progesterons. E. Sperma. F. Gonāda jeb dzimumdziedzeris.

16. nodaļa

Tests

1. B. 2. B. 3. B. 4. A. 5. B. 6. B. 7. D. 8. A. 9. A. 10. D. 11.A. Horijs (saņem no mātes barības vielas un atdod atkritumvielas). B. Amnijs (aizsargā, novērš izžūšanu). C. Embrijs. D. Alantojs (asinsvadi, kas kļūst par nabas saites asinsvadiem). E. Dzeltenuma maiss (pirmā asins šūnu veidošanās vieta). F. Placentas augļa daļa. G. Placentas mātes daļa. H. Nabas saite (savieno bērnu ar placentu). Skatīt arī 16.9. attēlu 288. lpp.

Jēdzienu izpratne

A. Indukcija. B. Drostošanās. C. Dīgļlapa. D. Amnijs. E. Blastula. F. Homeobokss. G. Morfoģenēze. H. Šūnu diferenciācija. I. Gastrula. J. Placenta.

Vārdnīca

A

- Abscizskābe** – augu hormons, kas izraisa atvāršnišu aizvēršanos. 52. lpp.
- Acetilholīnesterāze** – enzīms, kas sinapsēs noārda acetilholīnu. 188. lpp.
- Acetilholīns** – nervu impulsu raidītājs, kas ietekmē gan CNS, gan perifēro nervu sistēmu. 188. lpp.
- Aglutinācija** (lat. *ad* – klāt un *glutinis* – lipīgs) – eritrocītu salīpšana, pateicoties reakcijai starp asins plazmas antigēniem un eritrocītu antivielām. 116. lpp.
- Aizkrūtes dziedzeris (tīmuss)** – limfocītu orgāns, kas piedalās imūnsistēmas attīstīšanā un funkcionēšanā; šajā dziedzerī nobriest T-limfocīti. 254. lpp.
- Aizkuņģa dziedzeris** – dzīvnieku iekšējais orgāns, kas ražo gremošanas enzīmus un hormonus – insulīnu un glikagonu. 146., 251. lpp.
- Aizkuņģa dziedzera saliņas** – šūnu grupas, kas veic aizkuņģa dziedzera endokrīnās funkcijas. 251. lpp.
- Aknas** – liels mugurkaulnieku iekšējais orgāns, kas veido vielmaiņas atkritumproduktus un žulti, atindē asinis, regulē dažādu vielu, piemēram, glikozes un plazmas proteīnu daudzumu organismā. 148. lpp.
- Aksons** (gr. *axon* – ass) – neirona garais izaugums, kas parasti vada nervu impulsus no šūnas ķermeņa uz sinapsi. 184. lpp.
- Aktīns** – muskuļu proteīns, kas muskuļšķiedrā veido plānus diedziņus. Tā kustības saīsina muskuļšķiedru, radot muskuļa kontrakciju. 232. lpp.
- Alantojs** (gr. *allantos* – desa) – embrija apvalks, kas putniem un rāpuļiem uzkrāj slāpekļa atkritumvielas un zīdītājiem piedalās nabas asinsvadu veidošanā. 288. lpp.
- Aldosterons** – virsnieru dziedzera garozas hormons, kas regulē nātrija un kālija līmeni asinīs. 179., 248. lpp.
- Amnijs** (gr. *amnion* – membrāna ap augli) – putniem, rāpuļiem un zīdītājiem raksturīgs embrionālais apvalks, kas veido ar šķidrumu pildītu maisu. 288. lpp.
- Antidiurētiskais hormons (ADH)** (gr. *anti* – pret un lat. *ouresis* – urinācija) – hormons, ko izdala hipofīzes aizmugurējā daļa; tas

palielina nieru savācējkānāliņu caurlaidību. 178., 244. lpp.

- Antigēns** (gr. *anti* – pret un lat. *genitus* – veidojošs, izraisošs) – organismam sveša viela, parasti proteīns vai polisaharīds, kas izraisa imūnsistēmas reakciju, piemēram, antivielu veidošanos. 113., 126. lpp.
- Antiviela** (gr. *anti* – pret) – proteīns, kas organismā veidojas pret kādu noteiktu antigēnu. Katra antivielas spēj apvienoties ar noteiktu antigēnu. 113., 126. lpp.
- Aorta** (lat. *aorte* – liela artērija) – galvenā lielā asinsrites loka artērija, kas nogādā asinis no sirds uz audiem. 108. lpp.
- Apaugļošanās** (lat. *fertilis* – auglīgs) – olšūnas un spermatozoīda kodola saplūšana, veidojot zigotu, kas attīstās par jauno indivīdu. 65., 280. lpp.
- Apvalki** (gr. *meninga* – membrāna, kas sedz galvas smadzenes) – aizsargmembrānas, kas pārklāj centrālo nervu sistēmu. 196. lpp.
- Arteriola** – asinsvads, kas aizvada asinis no artērijām uz kapilāriem. 102. lpp.
- Artērija** – asinsvads, kas aizvada asinis prom no sirds. 102. lpp.
- Asinsrites sistēma (kardiovaskulārā sistēma)** (gr. *kardia* – sirds un lat. *vascular* – vadi) – orgānu sistēma, kas sastāv no asinīm, sirds un asinsvadiem, kas, sirdij pukstot, apgādā organismu ar asinīm. 102. lpp.
- Asinsspiediens** – spēks, ar kādu asinis spiež no iekšpuses uz asinsvadu sienām. 109. lpp.
- Ass skelets** (lat. *axi* – enģe, vira un gr. *skeleton* – izkaltēts ķermenis) – skeleta daļa, kas veido vertikālo balstu jeb asi. Pie tās pieder galvaskauss, krūškurvis, mugurkauls. 226. lpp.
- Atriālais nātriurētiskais hormons** – hormons, ko izdala sirds; tas pastiprina nātrija ekskreciju. 179. lpp.
- Atvase** – stumbrs, kas aug horizontāli un veido jaunus augus, ja saskaras ar zemi (piemēram, zemeņu stīgas). 18. lpp.
- Audi** – tādu līdzīgu šūnu grupa, kuras ir apvienotas noteiktas funkcijas veikšanai. 84. lpp.
- Audu kultūra** – laboratorijā mākslīgos apstākļos izaudzēti audi; parasti tos audzē šķidrā vidē. 74. lpp.
- Audu šķidrums** – šķidrums, kas apskalo katru organisma šūnu; tas ir filtrāts, kas satur visas sīkās asins plazmas molekulas. 115. lpp.

- Auglenīca** (lat. *pistillum* – nūjiņveida piesta) – zieda daļa, kas sastāv no vienas vai vairākām augļlapām. 61. lpp.
- Augšanas hormons** – viela, ko izdala hipofīzes priekšējā daļa; tā veicina šūnu dališanos, proteīnu sintēzi un kaulu augšanu. 245. lpp.
- Autonomā jeb veģetatīvā nervu sistēma** (gr. *autos* – pats un *nomas* – klejošana) – perifērās nervu sistēmas daļa, kas regulē iekšējos orgānus. 195. lpp.
- Ārējais skelets (eksoskelets)** (gr. *ex* – ārpus un *skeleton* – izkaltis ķermenis) – aizsargskelets, kas klāj organismu no ārpuses, piemēram, posmkājus. 223. lpp.
- Ārpusembrija apvalks** – plēve, kas ir nepieciešama embrija attīstībai, bet nav daļa no tā. 261., 288. lpp.

B

- Balss saites** – zīdītāju audu kroka balsenē, kas vibrējot rada skaņas. 160. lpp.
- Balss sprauga** – atvere, pa kuru balsenē ieplūst gaiss. 160. lpp.
- Balsene** – mugurkaulnieku orgāns, kas ir veidots no skrimšļa un atrodas starp rikli un traheju; tajā ir balss saites. 160. lpp.
- Barības vads** – muskuļota caurule, pa kuru mugurkaulniekiem norītā barība virzās no rīkles uz kuņģi. 144. lpp.
- Bārkšsakne** – viendīgļlapjiem raksturīgās sakņu sistēmas tips, ko veido daudzas vienlīdz spēcīgas saknes. 12. lpp.
- Bezdzimumvairošanās** – vairošanās, kuras norisei nepieciešams tikai viens no vecākiem un kurā nav iesaistītas dzimumšūnas. 260. lpp.
- Bioloģiskais pulkstenis** – iekšējais mehānisms, kas uztur organisma bioloģisko ritmu arī tad, ja nedarbojas ārējās vides kairinātāji. 45. lpp.
- Blastocels** (gr. *blastos* – pumpurs un *koiloma* – dobums) – ar šķidrumu pildīts blastulas dobums. 281. lpp.
- Blastocists** – cilvēka attīstības agra stadija, ko veido doba, ar šķidrumu pildīta šūnu lode. 289. lpp.
- Blastula** (gr. *blastos* – pumpurs un lat. *ula* – maza) – doba, ar šķidrumu pildīta šūnu lode, kas veidojas dzīvnieku attīstības laikā pirms gastrulas stadijas. 281. lpp.

B-limfocīts (lat. *lympha* – dzidr šūna un gr. *kytos* – šūna) – limfocīts, kura nobriešanu sarkanajās kaula smadzenēs stimulē noteiktu antivielu klātbūtne. No tā veidojas plazmas šūnas, kas rada antivielas. 126. lpp.

Bronhi (gr. *bronchos* – gaisa vads) – mugurkaulnieku trahejas zars, kas aizvada gaisu uz plaušām. 161. lpp.

Bronhiola (gr. *bronchos* – gaisa vads) – sīka caurule, kas aizvada gaisu no bronhiem uz alveolām jeb plaušu pūslīšiem. 161. lpp.

Bungplēvīte – membrāna, kas ausī uztver gaisa vibrācijas. 214. lpp.

C

Cikliskais adenozinmonofosfāts (cAMP) – ATP līdzīga organiska viela, kas veicina reakcijas šūnā. Tā ierosina virkni enzīmu nesteroido hormonu transdukcijā. 241. lpp.

Citokinīns (gr. *kytos* – šūna un *kineo* – kustēties) – augu hormons, kas veicina šūnu dalīšanos un parasti darbojas kopā ar auktīnu auga dīgļa orgānu veidošanās laikā. 51. lpp.

Cipsla – šķiedraino saistaudu lente, kas pievieno skeleta muskuļus pie kauliem. 86., 231. lpp.

Cipslene (sklēra) (gr. *skleros* – ciets) – acs ārējais, baltais, šķiedrainais apvalks, kas pārklāj visu aci, izņemot tās priekšējo daļu – radzeni. 209. lpp.

D

Darbības potenciāls – nervu impulss. Membrānas potenciāla pārmaiņas aksonā. 186. lpp.

Daudzgdāģis – tāds ziedaugs, kas dzīvo vairākus veģetācijas periodus, jo tā pazemes daļas katru gadu uzkrāj rezerves vielas. 4. lpp.

Dendrits (gr. *dendron* – koks) – neirona (nervu šūnas) daļa, kas sūta signālus uz šūnas ķermeni. 184. lpp.

Derma (gr. *derma* – āda) – īstā āda; biežākā ādas kārtā, kura sastāv no šķiedrainajiem saistaudiem un kurā atrodas dažādas struktūras, piemēram, sajūtu receptori. 91. lpp.

Diafragma – kupolveida elpošanas muskulis, kas zīdītājiem atdala krūšu dobumu no vēdera dobuma. 159. lpp.

Diastole (gr. *diastole* – izplešanās) – sirds miera periods sirds darbības cikla laikā. 106. lpp.

Diennakts ritms – bioloģiskais ritms, kas saistīts ar 24 stundu ciklu. 44., 254. lpp.

Disks – viena no daudzām lineāri sakārtotām vienībām muskuļšķiedrā, kuras kontrakcijas rada muskuļu kontrakciju. 233. lpp.

Divkārsā apaugļošanās – viena ziedaugu spermija saplūšana ar olšūnu un otra

spermija saplūšana ar dīgļsomas diploīdo šūnu (centrālo kodolu). 66. lpp.

Divpadsmitpirkstu zarna – tievās zarnas sākuma daļa, kurā no kuņģa nonāk barības putriņa. 145. lpp.

Dīgļlapa (augu) – sēklā esoša ziedaugu dīgļa lapa, kas nodrošina jauno augu ar barības vielām, pirms tas uzsāk fotosintēzi. 6. lpp., 67. lpp.

Dīgļlapa (dzīvnieku) – mugurkaulnieka embrija primārā audu kārtā – ektoderma, entoderma vai mezoderma. 281. lpp.

Dīgļpumpurs – ziedaugu dīgļa dzimums, kuram ir jaunās lapas. 70. lpp.

Dīgļsoma – ziedaugu megagametofīts, kurā ir olšūna. 63. lpp.

Dīgšana – sēklas, sporas vai zigotas augšanas sākums, parasti pēc miera perioda. 54. lpp.

Dobā vēna (lat. *vena* – asinsvads) – lielā asinsrites loka vēna, pa kuru četrkājjiem asinis atgriežas sirds labajā pusē; ir augšējā un apakšējā dobā vēna. 108. lpp.

Driksna – ziedaugu auglīnīca daļa, pie kuras pielip ziedputekšņi un dīgst, lai varētu notikt apaugļošanās. 61. lpp.

Drostalošanās – dzīvnieku attīstības sākuma stadija, kuras laikā notiek šūnu dalīšanās bez citoplazmas palielināšanās. 280. lpp.

Dzeltenais ķermenis – olnīcas veidojums, kas rodas no folikula, kurš ir atbrīvojis olšūnu un sācis pastiprināti izdalīt progesteronu. 269. lpp.

Dzeltenuma maiss – ārpusembrija apvalks, kas tiem mugurkaulniekiem, kuri dēj olas, satur embrija barošanai nepieciešamās vielas, bet placētājiem zīdītājiem ir vieta, kur vispirms veidojas asins šūnas. 288. lpp.

Dzemde – paplašināta sievišķo dzimumorgānu daļa, kura izvada olas ārējā vidē vai arī nodrošina embrija attīstību līdz piedzimšanai. 268. lpp.

Distālais likumainais kanāliņš (lat. *distantia* – tāls) – nefrona beigu daļa, kas ir savienota ar savācējkanāliņu; tajā notiek ekskrecija. 174. lpp.

Dzislene – acābola vidējā pigmentētā kārtā, kurā ir asinsvadi. 209. lpp.

E

Ektoderma – dzīvnieku embriju primārā ārējā audu kārtā, no kuras veidojas nervu sistēma un apvalka ārējā kārtā. 281. lpp.

Embrijs – daudzšūnu organismu attīstības stadija, kas rodas no zigotas un turpina attīstīties, līdz kļūst par brīvi dzīvojošu organismu; sēklaugiem embrijs ir dīgļis, kas atrodas sēklā. 66., 280. lpp.

Entoderma (gr. *endon* – iekš un *derma* – āda) – augu saknes audi, kas veido robežu starp centrālo cilindru un mizu. 11., 32. lpp.

Endokrīnais dziedzeris – iekšējās sekrēcijas dziedzeris; tam nav izvadkanāla, un tā veidotie hormoni nonāk tieši asinīs. 85. lpp.

Endokrīnā sistēma – orgānu sistēma, kas kopā ar nervu sistēmu saskaņo organisma darbību; tās veidotie ķīmiskie ziņneši – hormoni – nonāk tieši asinīs. 243. lpp.

Endometrijs (gr. *endon* – iekš un *metra* – dzemde) – gļotaina membrāna, kas izklāj dzemdes iekšējo virsmu. 268. lpp.

Ekskrecija – vielmaiņas atkritumproduktu izvadīšana no organisma caur vienišūnu membrānām un elpošanas orgānu membrānām, izvadatverēm vai daudzšūnu dzīvnieku ķermeņa virsmu. 170. lpp.

Endosperma (gr. *endon* – iekš un *sperma* – sēkla) – ziedaugu sēklas barības rezerves audi, kas veidojas pēc spermija saplūšanas ar sēklaizmetņa sekundāro kodolu. 65. lpp.

Entoderma – dzīvnieku embriju iekšējais primāro audu slānis, no kura veidojas gremošanas trakts un ar to saistītās struktūras. 281. lpp.

Epiderma – augu audi, kas klāj saknes, lapas un lakstaugu stumbru; zīdītāju ādas virsējā aizsargkārtā jeb virsāda. 7., 91. lpp.

Epifīts (gr. *epi* – virs un *phyton* – augs) – augs, kas aug uz citiem augiem un līdz ar to labāk izmanto saules gaismu barības vielu veidošanai. 29. lpp.

Epifīze – dziedzeris ādā (zivīm, abiniekiem) vai galvas smadzeņu trešajā ventrikulā (epifīze zīdītājiem), kas veido melatonīnu. 254. lpp.

Epitēlijaudi (gr. *epi* – virs un lat. *theca* – ietvars, skava) – dzīvnieku audi, kas pārsedz organismu no ārpuses un izklāj iekšējos dobumus; ir trīs epitēlijaudu veidi – zvīņveida, kubiskais un stabīnepitēlijs. 84. lpp.

Epitēlijķermenīši – dziedzeri, kas iegrimuši vairogdziedzera apakšējā daļā; tie izdala paratiroīdo hormonu. 247. lpp.

Eritrocīti (gr. *erythros* – sarkans un *kytos* – šūna) – sarkanās asins šūnas, kas satur hemoglobīnu un mugurkaulniekiem pārnēs skābekli no plaušām vai žaunām uz audiem. 113. lpp.

Etilēns – augu hormons, kas izraisa augļa nogatavošanos un nobiršanu. 53. lpp.

F

Fibroblasti (gr. *fibra* – diegs un *blastos* – pumpurs) – irdeno vai šķiedraino saistaudu šūnas, kas neatrodas cieši cita pie citas, bet starp kurām ir receklaina starpšūnu viela ar kolagēna un elastīna šķiedrām. 86. lpp.

Fitochroms (gr. *phyton* – augs un *chroma* – krāsa) – augu pigments, kurš ir saistīts ar fotoperiodismu un citām augu atbildes reakcijām, piemēram, etiolāciju. 54. lpp.

Floēma (gr. *phloios* – miza) – auga vadaudi, kas augā pārvada organiskās vielas. 7., 30. lpp.

Fotoperiodisms (gr. *photos* – gaisma un *periodus* – pabeigta norise) – tumsas un gaismas ilguma attiecības ietekme uz dzīvo organismu uzvedību. 54. lpp.

Fotoreceptors (gr. *photos* – gaisma un lat. *receptor* – saņēmējs) – gaismasjutīgs receptors. 208. lpp.

Fotosistēma – fotosintezējoša vienība, kurā tiek absorbēta saules enerģija un veidojas ar enerģiju bagāti elektroni; tā satur pigmentu kompleksu un elektronu akceptoru. Ir fotosistēma I (FSI) un fotosistēma II (FSII). 42. lpp.

Fototropisms (gr. *photos* – gaisma un *tropos* – griešanās) – augu augšana gaismas avota virzienā; stumbriem piemīt pozitīvs fototropisms. 43. lpp.

G

Galvas un muguras smadzeņu jeb cerebrospinālais (lat. *cerebrum* – galvas smadzenes un *spina* – mugurkauls) šķidrums – šķidrums, kas atrodas galvas smadzeņu dobumos un muguras smadzeņu centrālajā kanālā un ir saistīts ar apvalkiem. 196. lpp.

Galvenā histoloģiskā saderības kompleksa proteīns – membrānas proteīns, kas nosaka šūnas piederību noteiktam organismam; to sauc par proteīnu, kas saistīts ar cilvēka leikocītiem. 131. lpp.

Gametofīts (gr. *phyton* – augs) – augu dzīves cikla haploidālā paaudze, uz kuras attīstās veidojumi, kuros rodas gametas; tām saplūstot, rodas zigota. 60. lpp.

Ganglijs (gr. *ganglion* – izcilnis zem ādas) – nervu šūnu ķermeņu sakopojums, kas parasti atrodas ārpus centrālās nervu sistēmas. 191. lpp.

Garoza – dzīvnieka orgāna ārējā kārtā, piemēram, nierēs vai virsnieru dziedzerā ārējā kārtā. 248. lpp.

Garšas pumpurs – jušanas nervu gali mutē, kas darbojas kā garšas receptori. 206. lpp.

Gastrula (gr. *gastros* – kuņģis) – dzīvnieka attīstības stadija, kuras laikā, lodveida dīglim vismaz daļēji ieliecoties, veidojas dīgļlapas. 281. lpp.

Giberelīns (lat. *gibber* – tieksme) – augu hormons, kas veicina stumbra augšanu, kā arī piedalās ziedēšanas un sēklu nogatavošanās veicināšanā. 48. lpp.

Gliemezis – iekšējās auss spirālveida sastāvdaļa, kurā atrodas dzirdes receptori. 215. lpp.

Glikagons – aizkuņģa dziedzerā hormons, kas paaugstina glikozes līmeni asinīs, sašķeļot aknās uzkrāto glikogēnu. 251. lpp.

Gludie (iekšējo orgānu) muskuļi – gribai nepakļauti muskuļi, kas sastāv no vārpstveida šūnām un veido iekšējo orgānu sienas. 88. lpp.

Gonadotropie hormoni – hormoni, kas regulē olnīcu un sēklinieku darbību; galvenokārt folikulus stimulējošais hormons un luteinizējošais hormons. 246. lpp.

Gonāda (dzimumdziedzeris) (gr. *gone* – sēkla) – orgāns, kurā veidojas gametas; olnīca, kurā

veidojas olšūnas, un sēklinieks, kurā veidojas sperma. 260. lpp.

Ģeotropisms (lat. *gravis* – viegls un gr. *tropos* – pagriešanās) – augu augšana Zemes pievilkšanas spēka virzienā vai pret to; saknēm piemīt pozitīvs ģeotropisms, bet stumbriem – negatīvs ģeotropisms. 43. lpp.

H

Hemoglobīns (gr. *haima* – asinis un lat. *globus* – bumba) – dzelzi saturošs elpošanas pigments, kas atrodas mugurkaulnieku eritrocītos un daudzu bezmugurkaulnieku asins plazmā. 113., 163. lpp.

Hemoreceptors (gr. *chemo* – attiecināms uz vielām un lat. *receptor* – saņēmējs) – jušanas receptori, kas spēj uztvert ķīmiskos kairinātājus, piemēram, garšas vai ožas receptori. 206. lpp.

Hibridizācija (lat. *hybrida* – jauktenis) – dažādu formu un sugu krustošana. 74. lpp.

Hidrogēnkarbonāts (HCO_3^-) – jons, kas piedalās asiņu bufersistēmas veidošanā; veids, kādā pa asinsriti tiek transportēts oglekļa dioksīds. 163. lpp.

Hidroponika (gr. *hydrias* – no ūdens un *ponos* – smags darbs) – augu audzēšana ūdenī, kas ļauj noskaidrot, kādas barības vielas augiem ir nepieciešamas. 26. lpp.

Hipofīze – mazs dziedzeris, kas atrodas zem hipotalāma un ir ar to saistīts; tas ražo vairākus hormonus, no kuriem daži regulē citus endokrīnos dziedzerus, bet hipofīzes aizmugurējā daiva uzkrāj oksitocīnu un antiidiurētisko hormonu. 244. lpp.

Hipotalāms (gr. *hypo* – zem) – galvas smadzeņu daļa, kas palīdz regulēt organisma iekšējo vidi; piedalās sirdsdarbības ātruma, ķermeņa temperatūras, ūdens daudzuma un kuņģa un hipofīzes sekrēcijas regulācijā. 197., 244. lpp.

Homeostāze (gr. *homiois* – līdzīgs un *stasis* – stāvošs) – normālu šūnas vai organisma iekšējās vides apstākļu nodrošināšana ar pašregulācijas mehānisma palīdzību. 94. lpp.

Horijs (gr. *chorion* – membrāna) – apvalks ap embriju, kas putniem un rāpuļiem kalpo gāzu maiņai, bet zīdītājiem piedalās placentas veidošanā. 288. lpp.

Hormons (gr. *hormao* – izraisīt, provocēt) – viela, kas veidojas vienā ķermeņa daļā, piemēram, endokrīnajā sistēmā, un ietekmē citu ķermeņa daļu. 46., 240. lpp.

I

Ielpa – elpošanas stadija, kuras laikā gaisms ieplūst plaušās. 159. lpp.

Iegarenās smadzenes – smadzeņu stumbra daļa, kas regulē sirdsdarbību, asinsspiedienu un citas dzīvībai svarīgas

funkcijas un savieno muguras smadzenes ar galvas smadzenēm. 196. lpp.

Iegurņa josla – skeleta daļa, pie kuras ir piestiprinātas kājas. 228. lpp.

Iekaisuma reakcija – audu atbildes reakcija uz ievainojumu, kam raksturīgs apsārtums, pietūkums, sāpes un karstums. 124. lpp.

Implantācija – placentālu zīdītāju embrija blastocistas stadijas iestiprināšanās dzemdes endotēlijā. 288. lpp.

Imunitāte (lat. *immunis* – atbrīvots, brīvs) – organisma spēja aizsargāt sevi no svešām vielām un šūnām, arī infekciju izraisītājiem. 124. lpp.

Insulīns – aizkuņģa dziedzerā hormons, kas pazemina glikozes līmeni asinīs, pārvēršot glikozi par glikogēnu, kurš uzkrājas aknās. 251. lpp.

Izelpa – elpošanas stadija, kuras laikā gaisms tiek izvadīts no plaušām. 159. lpp.

J

Jušanas (sensorais) neirons – nervu šūna, kas pēc sajūtu receptoru kairinājuma aizvada impulsus uz centrālo nervu sistēmu. 184. lpp.

Jušanas receptors – struktūra, kas uztver kairinājumu; tā ir vai nu jušanas neirona daļa, vai arī vada signālu uz jušanas neironu. 184., 206. lpp.

K

Kairinājums – pārmaiņa ārējā vai iekšējā vidē, ko uztver jušanas receptori; tā rada nervu impulsus jušanas neironos. 89. lpp.

Kapilāri (lat. *capillus* – mats) – mikroskopiski asinsvadi, caur kuru sienām notiek gāzu un citu vielu apmaiņa starp asinīm un audu šķidrumu. 102. lpp.

Kapilāru kamoliņš (glomerula) (lat. *glomeris* – lode, bumba) – kapilāru tīkls nieru kapsulas iekšienē. 175. lpp.

Kaspari svītra – ūdensnecaurīdīgs lignīna un suberīna slānis, kas apņem saknes endodermas šūnas no visām pusēm un novērš ūdens un šķīdumu transportu starp blakus esošām šūnām. 10., 28. lpp.

Kauls – saistaudi, kuru šūnas atrodas cietos sāļu iedobumos gredzenveidā ap proteīnu šķiedrām. 87. lpp.

Kaunuma lūpas – zīdītāju sievišķie ārējie dzimumorgāni, kas atrodas pie maksts atveres. 268. lpp.

Koevolūcija – divu sugu kopīga evolūcija, kur viena suga izdara selektīvu spiedienu uz citu sugu. 64. lpp.

Kohēzijas spraiguma modelis – izskaidro ūdens pārvietošanos augšup pa augu, kas notiek negatīvā ūdens potenciāla dēļ salīdzinājumā ar ūdens potenciālu saknē. Šo ūdens kustību izraisa transpirācija, un tā notiek tāpēc, ka ūdens molekulas spēj

- pievilkties pie šūnapvalkiem un atgrūsties no tiem. 33. lpp.
- Kolenhīma** – augu audi, kas sastāv no cita citai cieši pieguļošām šūnām ar to stūros pabiezīnātiem šūnapvalkiem; tā balsta augošus stumbrus un kātus. 8. lpp.
- Komplementa sistēma** – virkne plazmas proteīnu, kuri rada nespecifisko aizsargmehānismu pret bakteriālām infekcijām. Tā darbojas papildus antigēnu-antivielu reakcijām. 126. lpp.
- Kopulācija** (lat. *copulatus* – savienojums) – vīrišķā un sievišķā īpatņa seksuālā savienošana. 260. lpp.
- Korķa kambijs** (lat. *cambio* – apmaiņa) – sānu meristēma, kas veido korķi. 16. lpp.
- Korķis** – korķa koku ārējā kārtā, kas sastāv no nedzīvām šūnām un ko var nolobīt. 7. lpp.
- Krūšu dobums** – daļai četrkāju raksturīgs dobums, kurā atrodas plaušas. Tas pasargā plaušas no izžūšanas. 159. lpp.
- Krūškurvis** – sauszemes mugurkaulnieku krūšu dobuma sāni un priekšpuse, ko veido ribas un starpribu muskuļi. 159. lpp.
- Ksilēma** (gr. *xylon* – koks un lat. *em* – iekš) – auga vadaudi, kas transportē ūdeni un izšķīdušos minerālus augšup pa augu. Tā satur vadaudu elementus un traheidas. 30. lpp.
- Kutikula** – vaska kārtiņa, kas pārklāj auga epidermu un pasargā augu no ūdens zuduma un slimības izraisošiem organismiem. 7., 32. lpp.
- Kūniņa** – dažu dzīvnieku attīstības stadijas starp embriju (kāpuru) un pieaugušu organismu; dažkārt ar to notiek pārvērtības, pirms rodas pieaudzis indivīds. 261. lpp.
- L**
- Laktācija** – mazuļu barībai nepieciešamā piena sekrēcija no krūts (piena) dziedzeriem. 272. lpp.
- Lapa** – parasti plakans, līdzens auga vasa orgāns, kas veidots no šūnām, kurās notiek fotosintēze. 5. lpp.
- Laterālā meristēma** – meristēma, kas nodrošina auga augšanu resnumā. 16. lpp.
- Leikocīts** (gr. *leukos* – balts un *kytos* – šūna) – baltā asins šūna; tie ir vairāku veidu, un katram no tiem ir savs uzdevums, lai pasargātu organismu no svešu vielu un mikroorganismu iekļūšanas. 113. lpp.
- Lēcienveida vadīšana** – nervu impulsu pāreja no viena neirolemmas mezgla uz otru pa aksonu ar mielīna apvalku. 186. lpp.
- Lielais asinsrites loks** – asiņu ceļš no sirds uz audiem un atpakaļ uz sirdi. 108. lpp.
- Lielās puslodes** – divas mugurkaulnieku galvas smadzeņu daļas. 198. lpp.
- Limbiskā sistēma** – galvas smadzeņu daļa, kas saista hipotalāmu ar dažiem pusložu garozas rajoniem; tā regulē mācīšanos un atmiņu, kā arī dažādas emocijas, piemēram, labsajūtu, prieku un bailes. 199. lpp.
- Limfa** (lat. *lymphā* – dzidrns ūdens) – šķidrums, kas rodas no audu šķidrums un pārvietojas pa limfvadiem. 115., 122. lpp.
- Limfas kapilārs** – sīks limfvads tievās zarnas bārktīnā, kas absorbē taukus. 147. lpp.
- Limfātiskā sistēma** – ziditāju orgānu sistēma, kas sastāv no limfvadiem un limfoīdajiem orgāniem. 122. lpp.
- Limfmezgls** – limfoīdo audu veidojumi limfvadu ceļos. 123. lpp.
- Limfocīts** (lat. *lymphā* – dzidrns ūdens un gr. *kytos* – šūna) – specializēts leikocīts; tam ir divi veidi – T-limfocīts un B-limfocīts. 113. lpp.
- Lipāze** – aizkuņģa dziedzera enzīms, kas sašķeļ taukus. 146. lpp.
- Locekļu skelets** (gr. *skeleton* – izkaltēts ķermenis) – skeleta daļa, kas sastāv no plecu un iegurņa joslas un no roku un kāju kauliem. 228. lpp.
- Locītava** – savienojums starp diviem skeleta kauliem. 229. lpp.
- Luteinizējošais hormons** – hipofīzes priekšējās daļas izdalītais gonadotropais hormons, kas veicina sievišķo un vīrišķo dzimumhormonu izdalīšanos. 270. lpp.
- M**
- Makrofāgs** (gr. *makros* – garš un *phagein* – ēst) – liels mugurkaulnieku leikocīts, kas radies no monocīta un spēj fagocitēt un sagremot mikrobus un svešķermeņus. 113., 125. lpp.
- Maksts** – ziditāju sievišķo dzimumorgānu daļa, kurā kopulācijas laikā ievada dzimumlocekli. 268. lpp.
- Malpīģija vadi** – kukaiņu izvadorgāni, ko veido aklas pavedienveida caurulītes zarnu kanāla vidusdaļā. 173. lpp.
- Mazais asinsrites loks** (lat. *pulmonarius* – no plaušām) – asinsrites loks no sirds uz plaušām un atpakaļ uz sirdi. 108. lpp.
- Megagamētofīts** (gr. *meegas* – liels, milzīgs) – sēklaugu gamētofīts, kas veido olšūnas; ziedaugiem tā ir dīģlsoma. 63. lpp.
- Megaspora** – spora, kas veidojas sēklauga megasporocītā; no četrām sporām, kas veidojas, tikai viena attīstās par megagamētofitu (dīģlsomu). 63. lpp.
- Mehanoreceptori** (gr. *mechane* – mašīna un lat. *receptor* – saņēmējs) – dzīvnieku sajūtu receptori, kuri ir jutīgi pret mehāniskiem kairinātājiem, piemēram, spiedienu, skaņu viļņiem un Zemes pievilksanas spēku. 214. lpp.
- Menstruācija** (gr. *menstrualis* – katru mēnesi notiekošs) – periodiska dzemdes iekšējās kārtas audu un asiņu izvadīšana no organisma. 270. lpp.
- Menstruālais cikls** – cikls, kura laikā dzemde sagatavojas uzņemt zigotu; tas notiek saskaņā ar norisēm olnīcās. 270. lpp.
- Meristēma** – nediferencēti embrionāli audi augu aktīvas augšanas rajonos. 7. lpp.
- Metamorfoze** (gr. *meta* – starp un lat. *morphe* – forma, veids) – formas un lieluma maiņa attīstības laikā, kas raksturīga dažiem dzīvniekiem, piemēram, kukaiņiem. 261. lpp.
- Mezgls** – vieta, kur pie auga stumbra ir piestiprināta viena vai vairākas lapas. 5. lpp.
- Mezoderma** – vidējais dzīvnieku embriju primāro audu slānis, no kura veidojas muskuļi, daļa iekšējo orgānu un saistaudu kārtas. 281. lpp.
- Mezofils** (gr. *mesos* – vidus un *phyllon* – lapa) – iekšējā biežākā lapas kārtā, kas sastāv no čauganās parenhīmas un zedeņu parenhīmas; tajā notiek fotosintēze. 20. lpp.
- Mielīna apvalks** (gr. *myelos* – muguras smadzenes) – balts, taukiem līdzīgs apvalks ap nervu šķiedru, ko veido neirolemmocītu membrānas. 184. lpp.
- Miera periods** – periods, kurā pārtraucas augu augšana nepiemērotu laika apstākļu dēļ. 48. lpp.
- Miera potenciāls** – neaktīva neirona membrānu potenciāls. 186. lpp.
- Mietsakne** – sakne, kuras galvenā aš iesniedzas dziļi zemē; daļai augu, piemēram, burkāniem, tā kalpo barības vielu rezervju uzkrāšanai. 12. lpp.
- Mikoriza** (gr. *mykes* – sēne un *rhizon* – sakne) – simbiotiskas attiecības starp sēņu hifām un augu saknēm. Sēne ļauj augam uzsūkt vairāk minerālvielu jonu un iegūst no auga ogļhidrātus. 29. lpp.
- Mikrogametofīts** (gr. *mikros* – mazs, sīks) – sēklaugu gamētofīts, kas veido vīrišķās dzimumšūnas – ziedputekšņus. 63. lpp.
- Miofibrilla** (gr. *myos* – muskulis un lat. *fibra* – diegs) – muskuļšūnas organoīds, kas sastāv no virknē sakārtotiem diskiem, kuri saīsinās, radot muskuļu kontrakciju. 233. lpp.
- Miokards** (gr. *myos* – muskulis un *kardia* – sirds) – sirds muskulis. 104. lpp.
- Miozīns** – muskuļu proteīns, kas veido resnākos disku pavedienus; tas velk aktīnu un saīšina muskuļšķiedru, izraisot muskuļa kontrakciju. 233. lpp.
- Miza** – stumbra ārējā kārtā, ko sedz epiderma. 11. lpp.
- Monoklonās antivielas** (gr. *monos* – viens, *klonos* – klons un *anti* – pret) – antivielas, ko pret konkrēto antigēnu veido plazmas šūnu noteikts klons. 135. lpp.
- Morfoģenēze** – audu, orgānu un visa embrija formas veidošanās. 284. lpp.
- Morula** (lat. *morus* – zidkoka auglis) – lodveida šūnu masa, kas veidojas drostalošanās rezultātā pirms blastulas stadijas. 281. lpp.
- Muguras smadzenes** – centrālās nervu sistēmas daļa; tās atrodas mugurkaula kanālā un sniedzas līdz galvas smadzenēm. 192. lpp.
- Mugurkauls** (lat. *vertebra* – mugurkaula kauli) – no mugurkaula skriemeļiem veidots kauls,

kurā atrodas muguras smadzenes. 227. lpp.

Muskuļaudi – dzīvnieku audi, kas sastāv no šķiedrām, kuras spēj saīsināties un pagarināties, radot kustības; mugurkaulniekiem ir šķērsvītrotie (skeleta), sirds un gludie muskuļaudi. 88. lpp.

Muskuļu darbības potenciāls – elektroķīmiskas pārvērtības, kas ir saistītas ar muskuļšķiedras membrānas caurlaidības palielināšanos; tas izplatās uz T sistēmu un rada muskuļu kontrakcijas. 234. lpp.

N

Nabas saite – saite, kas savieno augli ar placentu; tajā ir asinsvadi. 291. lpp.

Nefrīdijs – sliekai un daudziem citiem bezmugurkaulniekiem raksturīgas pāra izvadcaurulītes, kas ir katrā segmentā. Vietas tiek izvadītas no tā caur nefrīdijporu. 173. lpp.

Nefrona cilpa – nefrona daļa starp proksimālo un distālo likumaino kanāliņu, kurā notiek ūdens reabsorbija. 174. lpp.

Nefrona kapsula (Boumena kapsula) – kausveida struktūra nefrona sākumdaļā. 174. lpp.

Nefrons (gr. *nephros* – niere) – nieres mikroskopiska vienība, kas regulē asiņu sastāvu ar filtrācijas un reabsorbijas palīdzību; cilvēka nierē ir vairāk nekā viens miljons nefronu. 174. lpp.

Negatīvā atgriezeniskā saite – homeostāzes regulācijas mehānisms, kurā procesa rezultāts ir skaitītājs, kas regulē un izslēdz procesa sākumu. 94. lpp.

Neiroglijas šūna – nervu audu šūna, kas nevada impulsus, bet nodrošina neironu darbību. 184. lpp.

Neirons (gr. *neuron* – nervs) – nervu šūna, kurai ir trīs daļas: dendrīts, šūnas ķermenis un aksons. 89., 184. lpp.

Neurotransmisīvā viela (gr. *neuron* – nervs un lat. *trans* – cauri) – viela, kas uzkrājas aksona galā un nodrošina vadišanu sinapsē. 188. lpp.

Neitrofilis (gr. *neuter* – nekad un *phileo* – mīlestība) – visizplatītākie granulārie leukocīti, kuri pirmie reaģē uz infekciju. 113. lpp.

Nervs – garo nervu šķiedru (aksonu) vai dendrītu kūlītis ārpus centrālās nervu sistēmas. 192. lpp.

Nervaudi – dzīvnieku audu veids; sastāv no nervu šūnām (neironiem), kas vada impulsus, un no neiroglijas šūnām, kas neironus balsta, aizsargā un apgādā ar barības vielām. 89. lpp.

Nervu-muskuļu savienojums – vieta, kur aksona gals tuvojas muskuļšķiedrai; to veido presinaptiskā membrāna, sinaptiskā sprauga un postsinaptiskā membrāna. 234. lpp.

Nieres – mugurkaulnieku urīnizvadsistēmas pāra orgāns, kas regulē asiņu ķīmisko sastāvu un veido atkritumvielu – urīnu. 174. lpp.

Norepinefrīns (noradrenalīns) – veģetatīvās nervu sistēmas simpātiskās daļas postganglionāro šķiedru neurotransmisīvā viela. To nelielos daudzumos ražo arī virsnieru dziedzeru serde. 188., 248. lpp.

Notohorda (gr. *notos* – mugura un *chorde* – stiegra) – skrimslim līdzīga stiegra, kas kādā dzīves cikla posmā ir attīstīta visiem hordaiņiem; mugurkaulniekiem to aizstāj mugurkauls. 283. lpp.

Nūjiņa – mugurkaulnieku acs gaismas receptors, kas reaģē uz blāvu gaismu. 210. lpp.

O

Oglekļa anhidrāze (gr. *an* – bez un *hydrias* – ūdens) – eritrocītu enzīms, kas pātrina oglekļa dioksīda veidošanos no oglekļa dioksīda un ūdens. 163. lpp.

Oksitocīns (gr. *oxys* – ātrs un *tokos* – dzimšana) – hipofīzes aizmugurējās daļas hormons peptīds, kas izraisa dzemdes kontrakcijas un piena izdalīšanos. 244. lpp.

Olnīca (lat. *ovaris* – olu glabātājs) – dzīvnieku sievišķais dzimumdziedzeris, kas izdala sievišķos dzimumhormonus. 60., 260. lpp.

Olšūna – haploīda sievišķā dzimumšūna, ko apaugļo spermatozoīds, veidojot diploīdu zigotu. 269. lpp.

Olvads (lat. *ovum* – ola un *ducto* – vadīt laukā) – dzīvnieku cauruļveida orgāns, pa kuru gametas nonāk no olnīcas ārējā vidē vai dzemdē. 268. lpp.

Oocīts – nenobriedusi olšūna, kurā notiek mitoze. 268. lpp.

Orgāns – divu vai vairāku dažādu audu apvienojums, kas veic noteiktas funkcijas. 90. lpp.

Orgānu sistēma – saistītu orgānu grupa, kas darbojas kopīgi. 90. lpp.

Osteoblasts (gr. *osteon* – kauls un *blastos* – pumpurs) – kaulu veidojoša šūna. 261. lpp.

Osteocīts (gr. *osteon* – kauls un *kytos* – šūna) – nobriedusi kaula šūna, kas veidojusies, osteoblastam izdalot ap sevi kaulvielu. 225. lpp.

Osteoklasts (gr. *osteon* – kauls un *klastos* – salauzts gabalos) – šūna, kas izraisa kaula noārdīšanos. 225. lpp.

Ovulācija – folikula plīšana, kad oocīts atbrīvojas no olnīcas. 269. lpp.

Ožas šūnas – pārveidoti neironi, kas ir smaržu uztveršanas receptori. 207. lpp.

P

Pamataudi – audi, kas veido augu pamatmasu. Pie tiem pieder parenhīma, kolenhīma un sklerenhīma, kas piedalās

vielu uzkrāšanā, pamata vielmaiņā un veic balsta funkciju. 7. lpp.

Parasimpātiskā nervu sistēma (gr. *para* – blakus, līdzās un *sympathia* – simpātijas) – autonomās (veģetatīvās) nervu sistēmas daļa, kas darbojas normālos, mierīgos apstākļos; tā izmanto acetilholīnu kā neurotransmisīvo vielu. 195. lpp.

Parathormons – hormons, ko izdala četri epitēlijķermenīši; tas palielina kalcija līmeni un pazemina fosfora līmeni asinīs. 247. lpp.

Parenhīma (gr. *para* – blakus un *enchyma* – piejaukums) – vismazāk specializētie augu audi, kuri ir sastopami visos augu orgānos. 8. lpp.

Partenoģenēze (gr. *parthenos* – jaunava un *genitus* – veidojošs) – olšūnas attīstība par pieaugušu organismu bez apaugļošanās. 260. lpp.

Pavadītājšūna – šūna, kas vaskulāro audu floēmā ir saistīta ar sietstobru šūnu. 30. lpp.

Pavedienu slīdēšanas teorija – teorija, kas izskaidro muskuļu kustības ar aktīva pavedienu pārvietošanos attiecībā pret miozīna pavedieniem. 233. lpp.

Penis – vīrieša dzimumloceklis. 264. lpp.

Pepsīns – kuņģa sulas dziedzeru izdalītais enzīms, kas sašķel proteīnus. 145. lpp.

Placenta – orgāns, kas veidojas zidītāju embrionālās attīstības laikā no horija un dzemdes sienas un nodrošina embrijam, kā arī vēlāk – auglim barības vielu piegādi un atkritumvielu aizvadīšanu; izdala hormonus, kas regulē grūtniecību. 262., 292. lpp.

Plaušas – sauszemes iemitnieku elpošanas orgāns, kuram ir mitra, gāzu maiņai piemērota virsma. 158. lpp.

Plazma (gr. *plasma* – kaut kas šķidrā) – mugurkaulnieku asiņu šķidrā sastāvdaļa, kas satur barības vielas, atkritumvielas, sāļus un proteīnus. 113. lpp.

Plecu josla (gr. *pechys* – apakšdelms) – skeleta daļa, kas balsta roku un ir tās piestiprināšanās vieta. 228. lpp.

Posms – auga stumbra daļa starp diviem blakusesošiem mezgliem. 5. lpp.

Pozitīvā atgriezeniskā saite – homeostāzes nodrošināšanas mehānisms, kurā rezultāts nevis bremzē, bet gan pastiprina norisi. 94. lpp.

Priekškambaris – sirds daļa, kas atrodas virs kambara. 104. lpp.

Progesterons – sievišķais dzimumhormons, kas liek dzemdes endotēlijam menstruācijas laikā izdalīties laukā; kopā ar estrogēnu tas nosaka sievietes sekundārās dzimumpazīmes. 253., 269. lpp.

Proksimālais likumainais kanāliņš (lat. *prosimus* – tuvu esošs) – nefrona kanāliņa sākuma daļa, kas atrodas pēc nefrona kapsulas un kurā notiek filtrāta selektīvā reabsorbija. 174. lpp.

Protoplasts (gr. *protos* – pirmais un *plastos* – veidots) – auga šūna, no kuras ir atdalīts šūnapvalks. 76. lpp.

Pumpurs – augiem – neattīstīta vasa; meristēmas audi, ko pārklāj neattīstītas lapas un aizsargā pumpurziņas. Dzīvniekiem – ķermeņa sienas izaugums, no kura veidojas jauns indivīds. 14. lpp.

Pusloka kanāls – viens no trijiem pusloka veida kanāliem iekšējā ausī, kas ir pildīts ar šķidrumu un reģistrē organisma stāvokļa pārmaiņas. 215. lpp.

Pusložu garoza – galvas smadzeņu galvenās daļas – lielo pusložu ārējā kārtā, kas uztver sajūtas un regulē muskuļu aktivitāti. 197., 198. lpp.

Putekšņica – ziedaugu putekšņlapu daļa, kas izkaisa ziedputekšņus. 61. lpp.

Putekšņlapa – zieda daļa, kas sastāv no putekšņlapas kātiņa un putekšņicas, kuras putekšņmaciņos attīstās ziedputekšņi. 61. lpp.

R

Redzes nervs (gr. *optikos* – saistīts ar redzi) – nervs, kas pārvada impulsus no acs tiklenes uz galvas smadzenēm. 210. lpp.

Refleks (lat. *reflexus* – griezties atpakaļ) – automātiska, gribai nepakļauta organisma atbildes reakcija uz kairinājumu. 193. lpp.

Refrakcijas periods – laika periods pēc darbības potenciāla, kurā neirons nav spējīgs pārvadīt citu nervu impulsu. 265. lpp.

Resnā zarna – gremošanas trakta daļa, kas sastāv no aklās zarnas, lokzarnas un taisnās zarnas; tajā notiek ūdens absorbcija un barības atlieku sagatavošana izvadīšanai no organisma. 149. lpp.

Riba – viens no 24 cilvēka kauliem, kas kopā ar krūšu kaulu veido krūškurvi. Pirmie septiņi pāri ir istās ribas, nākamie trīs pāri ir neistās ribas, bet pēdējie divi pāri ir kustīgās (peldošās) ribas. 227. lpp.

Rikle (gr. *pharynx* – rikle, atvere) – kopīgs ceļš, pa kuru pārvietojas gan uzņemtā barība, gan ieelpotais gaiss; atrodas starp muti un barības vadu. 160. lpp.

Rodopsīns (gr. *rodon* – sārtums un *opsis* – skats) – gaismu absorbējoša viela nūjiņās un vālitēs, kas satur pigmentu un proteīnu opsinu. 212. lpp.

Saistaudi – dzīvnieka audi, kas saista savā starpā dažādas struktūras, veic balsta un aizsargfunkciju, aizpilda tukšās vietas, uzkrāj taukus, veido asins šūnas. Pie tiem pieder taukaudi, skrimšļaudi, kaulaudi un asinis. 86. lpp.

Saite – izturīga, šķiedraina blīvo saistaudu lente, kas locītavā savieno kaulu ar kaulu. 86., 229. lpp.

Sakneņis (gr. *rhiza* – sakne) – saknei līdzīgs pazemes stumbrs. 18. lpp.

Saknes spiediēns – spēks, kuru rada osmotiskais gradients, kas kalpo sulas pāceļšanai augšup pa ksilēmu nelielā augstumā. 32. lpp.

Salikta acs – posmkāju tipā sastopams acu veids; tā sastāv no daudzām neatkarīgām redzes struktūrām. 208. lpp.

Sarkanās kaula smadzenes – porainā kaulā esošā viela, kurā veidojas asins šūnas. 225. lpp.

Sarkolemma (gr. *sarkos* – miesa, mīkstums un *lemma* – apvalks) – muskuļšķiedras plazmatiskā membrāna, kas veido T sistēmas caurulītes, kuras iesaistās muskuļu kontrakcijā. 233. lpp.

Sarkoplazmatiskais tīkls – gludais endoplazmatiskais tīkls skeleta muskuļu šūnās; tas ieskauj miofibrillas un uzkrāj kalcija jonus, kas ir nepieciešami, lai miozīns varētu piesaistīties aktīnam un notiktu muskuļa kontrakcija. 233. lpp.

Savācējkanāliņš – kanāliņš, kas uzņem šķidrumu no vairākiem nefroniem; tajā notiek ūdens reabsorbicija. 174. lpp.

Sekundārais zīpnesis (mesendžers) – viela, piemēram, cikliskais adenozinmonofosfāts, kas liek šūnai atbildēt uz hormonu, kurš piesaistījies plazmatiskās membrānas receptoriem. 241. lpp.

Sekundārās dzimum pazīmes – pazīmes, kas dažkārt ir noderīgas, lai vairotos, bet nav obligāti nepieciešamas; tās rodas vīrišķo un sievišķo dzimumhormonu ietekmē. 267. lpp.

Sēkla – nobriedis sēklaizmetnis, kurā ir dīgļis un barības vielas aizsargapvalks ap to. 67. lpp.

Sēklinieks – dzīvnieku tēviņa dzimumdziedzeris, kas veido dzimumšūnas un vīrišķos dzimumhormonus. 260. lpp.

Siekalu dziedzeris – ar mutes dobumu saistīts dziedzeris, kas izdala siekalas. 143. lpp.

Sietstobri – augu floēmas audi šūnas, kas ir savienotas cita ar citu un transportē sulu ar barības vielām. 30. lpp.

Simpātiskā nervu sistēma – autonomās jeb veģetatīvās nervu sistēmas daļa, kas ir aktīva, kad organisms ir pakļauts stresam; tā izmanto norepinefrīnu kā neurotransmisīvo vielu. 195. lpp.

Sinapse (gr. *synaptos* – savienots) – savienojums starp neironiem, kas sastāv no presinaptiskās (aksona) membrānas, sinaptiskās spraugas un postsinaptiskās (parasti dendrita) membrānas. 188. lpp.

Sinuss (lat. *sinus* – dobums) – dobums, piemēram, dobumi cilvēka galvaskausā. 226. lpp.

Sirds – muskuļots orgāns, kas saraujoties izraisa asiņu riņķojumu pa dzīvnieku asinsvadiem. 104. lpp.

Sirds muskulis (gr. *kardia* – sirds) – tikai sirdī sastopami šķērsvitroti, gribai nepakļauti muskuļaudi. 88. lpp.

Sistēmas veidošanās – šūnu novietošanās attīstības laikā, kas nosaka organisma formu. 287. lpp.

Sistole (gr. *systole* – kontrakcija) – sirds kontrakcijas periods sirdsdarbības cikla laikā. 106. lpp.

Skābekļa parāds – skābekļa izmantošana anaerobās elpošanas rezultātā radītās pienskābes pārvēršanai piruvātā. 233. lpp.

Skeleta muskuļi – šķērsvitrotie, gribai pakļautie muskuļaudi, kas veido pie skeleta piesaistītos muskuļus. 88. lpp.

Sklerenhīma – augu balstaudi, kas sastāv no šūnām ar spēcīgi sabiezinātiem šūnapvalkiem. 8. lpp.

Skrimslis (lat. *cilium* – skropsta, mats) – saistaudi, kuru šūnas atrodas elastīgas proteīnu matricas dobumos. 86. lpp.

Slāpekļa fiksācija – process, kurā baktēriju ietekmē atmosfēras slāpekļi tiek saistīti amonjākā vai nitrātos. 28. lpp.

Slēdzējšūna – augu šūna, kas piedalās atvārsnītes veidošanā. Katra atvārsnīte sastāv no divām slēdzējšūnām, kuras, mainoties šūnas turgora spiedienam, regulē atvārsnītes spraugas lielumu un caurplūstošo gāzu daudzumu. 34. lpp.

Smadzenītes – galvas smadzeņu daļa, kas koordinē muskuļus precīzu un graciozu kustību veikšanai. 197. lpp.

Smadzeņu tilts (lat. *pontis* – tilts) – galvas smadzeņu stumbra daļa, kas atrodas virs iegarenajām smadzenēm un zem vidussmadzenēm. Tā savieno arī abas puslodes. 197. lpp.

Somatiskā nervu sistēma – perifērās nervu sistēmas daļa, kas regulē skeleta muskuļus. 191. lpp.

Sperma (gr. *sperma* – sēkla) – biezs, gaišs šķidrums, kas satur spermatozoīdus un vairāku vīrišķo dzimumdziedzeru sekrētus. 265. lpp.

Spermatoģenēze (gr. *sperma* – sēkla un lat. *genitus* – veidojošs) – spermatozoīdu veidošanās vīrišķajos organismos mejozes un nobriešanas rezultātā. 267. lpp.

Spermatozoīds – vīrišķā dzimumšūna (gameta), kuri ir haploīds hromosomu skaits un spēja apaugļot sievišķo dzimumšūnu – olšūnu. 267. lpp.

Spiediena–plūsmas modelis – modelis, kas izskaidro pozitīva spiediena radīto transportu pa floēmas sietstobriem ar saharozes aktīvo transportu un ūdens pasīvo transportu. 36. lpp.

Sporofīts (gr. *phyton* – augs) – diploīdā paaudze augu dzīves ciklā; mejozē rodas haploīdas sporas, no kurām attīstās haploīdālā paaudze. 60. lpp.

Spurgaliņš – saknes epidermas izaugumi, kas ievērojami palielina ūdens un minerālu absorbcijas laukumu. 7., 28. lpp.

Starpneirons (lat. *inter* – starp un gr. *neuron* – nervs) – neirons, kas atrodas centrālajā nervu sistēmā un nodod informāciju no vienas centrālās nervu sistēmas daļas citai. 184. lpp.

Steroidais hormons – ķīmiskais ziņnesis (mesendžers), kas šķīst lipīdos un tādēļ izkļūst cauri plazmatiskajai šūnas un kodola membrānai, lai savienotos ar receptoru kodola iekšienē; šis komplekss aktivē noteiktus ģēnus, kā rezultātā rodas raksturīgie proteīni. 240. lpp.

Stumbrs – parasti tā ir auga vertikālā daļa, kas pārvieto vielas uz lapām un prom no tām. 14. lpp.

Summēšanās – ietekmju uzkrāšanās, piemēram, neirona membrānas potenciāls ir atkarīgs no kairinošo un kavējošo neurotransmisīvo vielu saistīšanās pie postsinaptiskajiem receptoriem. 188. lpp.

Šķērsvitrots (lat. *stria* – vitrots) – tāds, kam ir šķērsvitrojums; sirds un skeleta muskuļos mainās gaišas un tumšas šķērsjoslas, ko rada sarauties spējīgie proteīni. 88. lpp.

T

Talāms – galvas smadzeņu daļa, kas koordinē sajūtu informāciju un piedalās pusložu garozas ierosināšanā. 197. lpp.

Taukaudi (lat. *adipalis* – taukains) – saistaudi, kuru šūnās uzkrājas tauki. 86. lpp.

Testosterons – zīdītāju nozīmīgākais vīrišķais dzimumhormons, ko veido sēklinieku intersticiālās šūnas; tas veicina primāro vīrišķo dzimumorgānu attīstību un uztur sekundārās dzimum pazīmes. 267. lpp.

Tievā zarna – mugurkaulnieku gremošanas trakta daļa, kas atrodas pirms resnās zarnas. Tajā tiek pabeigta barības sagremošana un notiek barības vielu molekulu absorbcija. 146. lpp.

Tiroksīns – viela kuru izdala vairogdziedzeris, kas veicina mugurkaulnieku augšanu un attīstību; tā palielina šūnas vielmaiņas ātrumu. 246. lpp.

Tiklene (lat. *retis* – tikls) – acābola iekšēja kārtā, kurā ir gaismas receptori – nūjiņas un vāļītes. 210. lpp.

T-limfocīts (lat. *lymph* – skaidrs ūdens un *kytos* – šūna) – limfocīts, kas nobriest aizkrūtes dziedzerī un eksistē četros veidos; viens no šiem ģēniem pilnīgi nogalina antigēnu nesošās šūnas. 126. lpp.

Traheja (lat. *trachia* – gaisa vads) – četrkājiņo mugurkaulnieku gaisa vads, kas atrodas starp balseni un bronhiem; arī kukaiņu gaisa vadi, kas atrodas starp elpatverēm un traheolām. 144., 160. lpp.

Traheīda – ziedaugu ksilēmas šūna ar konusveida galiem un iedobumiem, caur kuriem plūst ūdens un sāļi. 29. lpp.

Transpirācija – ūdens izkļūšana no auga atmosfērā, kas galvenokārt notiek, iztvaikojot caur atvārsnītēm. 32. lpp.

Trigmotropisms (gr. *thrygma* – pieskāriens un *tropos* – griešanās) – auga nevienmērīga augšana, ko izraisa kontakts ar kādu cietu objektu, piemēram, stīgu tišanās ap mietu. 44. lpp.

Tripsīns – aizkuņģa dziedzera izdalīts gremošanas enzīms. 146. lpp.

Trofoblasts (gr. *trophe* – barība un *blastos* – pumpurs) – zīdītāju ārējā membrāna ap embriju, kas, mezodermas kārtai sabiezējoties, kļūst par horiju – ārpusembrija membrānu. 289. lpp.

Trombocīti (asins plātnītes) – asiņu sastāvdaļa, kas ir nepieciešama asins sarecēšanai; šūnu fragmenti. 113., 114. lpp.

Tropisms (gr. *tropos* – tāds, kas griežas) – augu atbildes reakcija; augšana noteikta kairinātāja virzienā vai prom no tā. 42. lpp.

U

Urīnizvadkanāls – cauruļveida struktūra, kas saņem urīnu no urīnpūšļa un izvada to laukā no ķermeņa. 174. lpp.

Urīns (gr. *urina* – urīns) – šķidrums atkritumprodukts, kas veidojas mugurkaulnieku nieru nefronos, filtrācijas nieru kapilāru kamoliņos, reabsorbācijas likumainajos kanāliņos un sekrēcijas rezultātā. 174. lpp.

Urīnvads – cauruļveida orgāns, kas aizvada urīnu no nierēm uz urīnpūsli. 174. lpp.

Urīnviela (gr. *urina* – urīns) – slāpekli saturošs atkritumprodukts, kas rodas sauszemes abinieku un zīdītāju organismā un tiek izvadīts ar urīnu. 172. lpp.

Uzbalsenis (gr. *epi* – virs un *glotta* – mēle) – veidojums, kas pārklāj balseni (gaisa spraugu) barības norīšanas laikā. 144., 160. lpp.

Ūdens potenciāls – ūdens potenciālā enerģija; tas ir relatīvs mērs citas vielas spējai uzņemt vai atbrīvot ūdeni. 31. lpp.

V

Vadaudu cilindrs – vadaudu dzīsla augu saknēs, kas sastāv no primārās floēmas un primārās ksilēmas, kuru parasti apņem apvalks. 8. lpp.

Vadaudu elements – ar citām šūnām savienota šūna, kas kopā ar tām veido ksilēmas vadaudus. 8. lpp.

Vadaudu kūlītis – augu primārā floēma un primārā ksilēma, ko ieskauj kūlīša apvalks. 6. lpp.

Vairogdziedzeris (gr. *thyreos* – liels) – liels dziedzeris kaklā, kas ražo vairākus nozīmīgus hormonus, ieskaitot tiroksīnu un tireokalcitonīnu. 246. lpp.

Vasa – auga virszemes daļa, kas sastāv no stumbra, lapām un ziediem. 4. lpp.

Vaskulārais kambijs (lat. *vasculum* – trauks un *cambio* – apmaiņa) – augu sānu meristēma, kas rada sekundāro floēmu un sekundāro ksilēmu. 14. lpp.

Vāļīte – mugurkaulnieku acs fotoreceptors, kas ir jutīgs pret spilgtu gaismu un nodrošina krāsu redzi. 210. lpp.

Vārstulis – asinsvada vai sirds sienas izaugums, kas atveras un aizveras, nodrošinot asiņu plūsmu vienā virzienā;

tas ir sastopams sirdī, lielā asinsrites loka vēnās un limfvados. 104. lpp.

Vārtu sistēma (lat. *porto* – nest, transportēt) – asiņu plūsmas ceļš, kas sākas un beidzas ar kapilāriem, piemēram, vārtu sistēma ir starp tievo zarnu un aknām. 108. lpp.

Ventrikuls – dobums orgānā, piemēram, sirds kambaris vai ventrikuls smadzenēs. 104., 196. lpp.

Vēna (lat. *vena* – asinsvads) – asinsvads, kas veidojas no vēnūlām un pārvada asinis uz sirdi. 102. lpp.

Vēnula – asinsvads, kas aizvada asinis no kapilāriem uz vēnu. 102. lpp.

Vidussmadzenes – galvas smadzeņu daļa, kas atrodas virs tilta un zem talāma. 197. lpp.

Viendīgļlapis – viendīgļlapju klases ziedaugu, kam dīgļi raksturīga viena dīgļlapa; paralēls vai lokveida lapu dzīslējums, izkaisīti vadaudu kūlīši, zieda daļu skaits dalās ar trīs. 6. lpp.

Virsnieru dziedzeris (lat. *ad* – uz un *renis* – nieris) – dziedzeris, kas atrodas virs nierēm. Virsnieru dziedzera serde izdala hormonu epinefrīnu un norepinefrīnu, bet garoza veido kortikoidus. 248. lpp.

Virsnieru garoza – virsnieru dziedzera ārējā daļa, kas ražo hormonus, piemēram, aldosteronu un kortizolu. 248. lpp.

Virsnieru serde – virsnieru dziedzera iekšējā daļa, kas izdala hormonu epinefrīnu un norepinefrīnu. 248. lpp.

Vīru vārstulis – sirds vārstulis, kas atrodas starp priekškambari un kambari. 104. lpp.

Vitamīns – būtiska uztura sastāvdaļa, kas nepieciešama nelielā daudzumā. Tie parasti ir daļa no koenzīmiem. 150. lpp.

Z

Zarnu bārkstiņš (lat. *villus* – pinkaini mati) – sīki pirkstveida izaugumi tievās zarnas iekšējā sienā. 146. lpp.

Zedeņu parenhīma – augu lapas pamataudu kārtā, ko veido neregulāras formas šūnas, kuras nepieguļ cieši cita pie citas, bet starp kurām ir tukšas vietas, kas pastiprina auga gāzu maiņu. 20. lpp.

Ziedputekšņi (lat. *pollen* – sīki putekļi) – sēklaugu mikrogametofīts. 62. lpp.

Zieds – ziedauga dzimumvairošanās orgāns, kas sastāv no vairāku veidu pārveidotām, gredzenveidā sakārtotām lapām, kas piestiprinātas pie pārveidota stumbra – ziedkāta. 61. lpp.

Žaunas – elpošanas orgāni, kas ir raksturīgi vairumam ūdensdzīvnieku; rīkles izaugumi virzienā uz āru. 157. lpp.

Žults – aknu sekrēts, kas pirms nonākšanas tievajā zarnā un tauku emulģēšanas īslicīgi uzkrājas un koncentrējas žultspūslī. 146. lpp.

Žultspūslis – ar aknām saistīts orgāns, kas uzkrāj un koncentrē žulti. 146. lpp.

A

abinieki 158, 159, 198, 206, 214, 254
 āboliņš 54
 absizsskābe 34, 53
 absorbcija 147
 acābola mugurējā kamera 209
 acābola priekšējā kamera 209
 acetilholīnesterāze 188
 acetilholīns 188, 194, 195, 234
 acs 189, 209
 acs laukums 189
 acu zobi 142
 āda 90, 150, 151, 155, 158, 159, 170, 214, 229, 242
 ādamabols sk. vairogskrimslis
 ādas vēzis 91, 93
 adenilciklāze 241
 Adisona slimība 249
 adrenalīns sk. epinefrīns
 adrenokortikotropīns 242, 245, 246, 248
 adventīvās saknes sk. piesaknes
 aerobā elpošana 12, 156, 170, 233
 Āfrikas hameleons (*Chamaeleo*)
 aglutinācija 116
 agranulocīti 112, 113
Agrobacterium 77
Agrobacterium tumefaciens 52
Agrostis scabra 35
 AIDS 121, 130, 132, 164, 165, 254, 274
 aizdegune 144
 aizkrūtes dziedzeris 122, 123, 124, 126, 131, 242, 254
 aizkuņģa dziedzeris izvadkanāls 143, 250
 aizkuņģa dziedzeris salīns 250, 251
 aizkuņģa dziedzeris sula 146
 aizkuņģa dziedzeris 92, 94, 143, 146, 148, 194, 242, 243, 250, 251, 254, 255
 aizsargbarjeras 124
 aizsargmatīni 7
 aizsargproteīni 126
 aizvietojamie elementi 26
 aklais maiss 141
 aklais plankums 209, 210
 aklās zarnas piedēklis 143, 149
 aklā zarna 143, 149
 aklums 210
 aknas 92, 94, 108, 112, 114, 143, 146, 148, 149, 150, 170, 176, 179, 194, 242, 251, 291
 aknu ciroze 149
 aknu vārtu sistēma 149
 aknu vārtu vēna 108, 149
 aknu vēna 108
 akomodācija 210, 211
 akromegālija 246
 akrosoma 266, 280
 aksons 89, 184, 188, 193, 244
 aktīna šķiedra 232, 233, 235
 aktīvā imunitāte 133
 aktīvais transports 147
 alantojs 288, 290

albumīni 87, 148
 Alzheimer slimība 185
 aldosterons 178, 179, 242, 248, 249
 alerģija 135
 alkohols 200
 Alpu vijolītes 48
 alveola 160–163
 alģes 21
 amilāze 48
 amiloplasti 43
 aminoskābes 87
 amnija apvalks 293
 amnija šķidrums 292
 amnijs 261, 288, 290
 amonjaks 172, 176, 177, 179
 āmuriņš 214, 215, 217
 anālā atvere 143, 149, 264, 268
 androgēni 242, 253
 anēmija sk. mazasinība
 angiotenzinogēns 179
 angiotenzīns 179, 249
 anhidrāze 163
 anierisms 111
 antagonistiskie muskuļi 231
 antiidiurētiskais hormons 178, 179, 242, 244
 antigēni 113, 116, 117, 126, 127, 128, 135
 antivielas 113, 116, 117, 126, 127, 128, 129
 ānuss 140, 141
 aorta 103, 104, 105, 108, 161, 162, 174, 250
 apakšējā dobā vēna 104, 105, 108, 162, 174
 apakšējā epiderma 20
 apakšzoklis 227
 apaļais lodziņš 214–217
 apauglošanās 66, 260, 262, 268, 280, 289
 apendicīts sk. aklās zarnas piedēklis
 apikālā dominēšana 10, 14, 43, 46, 67
 apļievas koksne 16
 apputeksnēšanās 63, 64, 66
 apvalki 196, 197
 apzarņa artērija 108
 ārējā auss 214, 215
 ārējā elpošana 156, 162
 ārējais skelets 222, 223
 ārējās sekrēcijas dziedzeri 85
 ārpusdīgļa apvalki 288
 ārpusembrija apvalki 261
 arteriālās asinis 105
 artērija 90, 101, 102, 109, 175, 244, 291
 arteriola 102, 109, 115, 147, 160
 asaru dziedzeris 194
 asaru kauls 227
 asinis 87, 112, 113, 114, 157, 162, 170
 asins grupa 116
 asins kapilāri 147
 asins plātnītes sk. trombocīti
 asins plazma 112, 113, 114, 162, 163
 asins plūsma 108, 109, 157, 179, 175
 asins recēšana 112, 114
 asinsrite 99–118, 243
 asinsrites sistēma 158

asins serums 114
 asinsspiediens 94, 103, 109, 110, 115, 152, 179, 253
 asinsvadi 148, 224, 270, 292
 asinsvadu kamoliņš 175, 177, 179
 asinsvadu slimības 110, 111
 asiņu pH 179
 ass skelets 226
 aste 291
 astrocīti 89
 astes nervs 194
 astigmatisms 211
 atdalītājzona 53
 ateroskleroze 110, 253
 atgriezeniskā saite 94, 246
 atriālais nātriurētiskais hormons 178, 179
 atrioventrikulārais mezgs 107
 atslēgas-slēdzenes princips 128
 atslēgkauls 226, 228
 attīstības stadijas 280–283
 atvārsnīte 7, 20, 22, 34, 53
 audi 84, 162, 163, 223
 audu elpošana sk. iekšējā elpošana
 audu kultūra 74
 audu šķidrums 94, 114, 115, 162, 170
 audzējs 164, 165
 augēdāji 139, 141, 142
 auglēja 61
 auglis 4, 62, 68, 69, 268, 288, 292, 293
 augļlapa 61
 augšanas hormons 242, 245, 255
 augšdelma kauls 225, 226, 228
 augšējā dobā vēna 104, 105, 108, 162
 augšstilba četrgalvainais muskulis 229, 231
 augšstilba divgalvainais muskulis 229, 231
 augšstilba kauls 226, 228, 229
 augšstilba taisnais muskulis 226
 augšupejošā zarna 143
 augšzoklis 227
 augu kustības sk. tropismi
 augu minerālā barošanās 26–29
 augu orgāni 4–5
 augu transportsistēma 30
 auksīni 43, 46, 47, 50, 74
 aukslējas 160
 auss 214, 215, 217
 auss ārējā eja 214, 215
 ausu sērs 214
 autoimūnās slimības 136
 autonomā nervu sistēma 191, 194, 195
 avotiņš 226
 azbesta šķiedras 164

B

balsene 144, 160, 247
 balss 253, 267
 balss saites 160

balss sprauga 144, 160
 balstsaknes 12, 71
 baltās asins šūnas sk. leikocīti
 baltā viela 192, 193, 196
 baltie āmuļi 29
 bambusi 18
 barības vads 140, 141, 143, 144, 145, 247
 bārkšsākle 12
 bazofili 112, 113, 124
 bezdzimumvairošanās 259, 260
 bezmugurkaulnieki 100, 189, 208
 bezvārda artērija 104, 105
 biceps sk. divgalvainais saliecējmuskulis
 bilirubīns 148, 149
 biliverdīns 148
 bioloģiskais pulkstenis 34, 45
 bite (*Apis*) 59
 blastocēls 281, 282, 290
 blastocists 289
 blastopora 281, 282, 285
 blastula 281, 282
 B-limfocīti 113, 126, 127
 blīvā kaulviela 224, 225
 blīvie šķiedrainie saistaudi 86
 bredikinīni 125
 bronhi 158, 160, 161, 194
 bronhiola 160, 248
 bronhīts 164
 B-šūnas sk. B-limfocīti
 B-šūnu klonu selekcijas teorija 127
 bumbulis 18, 74
 bumbulispolis 18
 bungplēvīte 214, 215, 217

C

Candida albicans 275
 cefalizācija 190
 celoms 92, 222, 283
 celulāze 53
 celuloze 46, 139
 ceļa kaula saite 229
 ceļa kauls 226, 228, 229
 centrālais cilindrā 10
 centrālais kanāls 192, 193
 centrālā nervu sistēma 184, 190–193, 195, 196
 cerebrospinālais šķidrums 196
 cietās aukslējas 144
 ciete 48, 143, 145, 146, 149
 cietie kaulaudi 87
 cikāde (*Tibicen*) 222
 ciliārķermenis sk. starene
 cilvēka imūndeficīta viruss sk. AIDS
 cīpslas 86, 231
 cīpslene 209
 cirkādiskais ritms sk. diennakts ritms
 cirkādiskie ritmi 34
 citohroms 26
 citokinīni 51, 74, 134

CNS sk. centrālā nervu sistēma
 cukura diabēts sk. cukurslimība
 cukura plūsma 37
 cukurslimība 251
 čauganā parenhīma 20
 četrgalvainā muskuļa cīpsla 229
 četrkameru sirds 105
 čūla 145

D

darbības potenciāls 186, 187
 Darvins Čārlzs 43
 deguna dobums 160, 207
 deguna kauls 227
 delnas kauli 226, 228
 demineralizācija 247
 dendrīts 89, 184, 188, 207
 deniņu daiva 198, 207
 deniņu kauls 215, 226, 227
 depolarizācija 186, 187
 derma 90, 91
 diafragma 92, 143, 159–161
 diastole 106
 diastoliskais spiediens 109
 diennakts ritmi 44, 254
 difūzija 162, 234
 dīgļis 62, 63, 66, 67
 dīgļlapas 62, 67, 70, 71, 281
 dīgļpumpurs 62, 67, 70, 71
 dīgļsakne 67, 71
 dīgļsoma 66
 dīgļsoma sk. megagametofīts
 dīgļstobrs 62, 66
 dīgļstobrs sk. nobriedis mikrogametofīts
 dīgšana 54
 dioneja (*Dionaea*) 21
 disks 232, 233
 distālais likumainais kanāliņš 174–176
 diurēze 178
 divdīgļlapi 6, 10, 11, 15, 16, 67, 71
 divgalvainais saliecējmuskulis 226
 divkārsā apaugļošanās 63, 66
 divkārsā elpošana 159
 divkārt plūksnaini salikta lapa 21
 divmāju augs 61
 divpadsmitpirkstu zarna 143, 145, 146, 148, 250
 dobā vēna 108
 driksna 61
 drostalošanās 281, 289
 D vitamīns 90, 150, 151, 230, 247
 dzelte 149
 dzeltenais ķermenis 269–272, 290
 dzeltenais plankums 209, 210
 dzeltenā kaite 117
 dzeltenās kaula smadzenes 224, 225
 dzeltenuma maiss 261, 288, 290
 dzeltenums 261, 280, 282, 283
 dzemde 242, 244, 268, 269, 272, 292, 293
 dzemdes cikls 270, 271
 dzemdes kakla vēzis 274
 dzemdes kakls 268, 293
 dzemdību stadijas 293
 dzimstības regulācijas metodes 272, 273
 dzimumakts 268
 dzimumdziedzeri 254
 dzimumhormoni 242, 246, 253, 254, 264
 dzimumloceklis 260, 264, 265, 268
 dzimumlocekļa galviņa 264
 dzimumorgāni 242, 253, 260, 262
 dzimumorgānu kārpas 274
 dzimumpazīmes 253, 267, 272
 dzimumvairošanās 259–262
 dzinums 18
 dzirdes kanāls 214
 dzirdes kauliņi 214, 217
 dzirdes nervs 215, 216
 dzirdes receptori 216

dzirdes zudums 213
 dzislene 209
 dzīvzemdētāji 262
 dzīvnieku ciete 149

E

efektors 94, 193, 195
 Eistahija kanāls sk. dzirdes kanāls
 ejakulācija 265
 ekdizons 252
 ekskrecija 170, 177
 ekskretorā pora sk. izvadpora
 eksoskelets sk. ārējais skelets
 ekstremitāšu skelets 226, 228, 229
 ektoderma 84, 281–283
 ektomikoriza 29
 elastīgie saistaudi 102
 elektrokardiogramma 107
 elkoņa kauls 226, 228
 elkoņa nervs 191
 elpceļi 124, 159, 160, 164
 elpošanas centrs 161
 embols 111
 embrija attīstība 289, 290
 embrija disks 290
 embrijs 261, 262, 263, 268, 272, 280, 283–285, 288, 289, 291, 293
 emfizēma 164, 165
 endoderma 10, 11, 22, 32
 endohondrālā pārkaulošanās 225
 endokrīnie dziedzeri 85, 143, 242–255
 endolimfa 215
 endometrijs 270–272
 endoskelets sk. iekšējais skelets
 endosperma 62, 63, 66, 67, 71, 72
 endotēlijs 102
 ēnmiļi 20
 entoderma 84, 281–283
 enzīmu kofaktors 26
 eozinofili 112, 124
 eozīns 113
 epiderma 7, 10, 11, 17, 21, 22, 32, 90, 91
 epifize 242, 254
 epikotils 67, 70, 71
 epinefrīns 241, 242, 248
 epitēlijaudi 84
 epitēlijķermenīši 242, 243, 247
 erekcija 265
 eritrociti 112, 113, 115, 148, 149, 151, 162, 163, 225
 eritropoētins 113
 estrogēni 242, 253, 269–272
 etilēns 53

F

fagocitoze 125
 fekālijas 149
 fibrinogēns 87, 112, 114, 148
 fibrīns 114
 fibroblasti 86
 fibulārais nervs 191
 filtrācija 141, 176, 179
 fimbrijas 268
 fitofāgi sk. augēdāji
 fitohormoni 4, 36, 46–48, 51, 53
 fitohroms 54, 55
 fitopatogēni 13
 flavīns 34
 folikuls 269, 270, 289
 folikulus stimulējošais hormons 267, 270, 271
 fotoperiodisms 54
 fotoreceptori 208
 fotosintēze 5, 12, 20, 22, 33
 fototropisms 42, 43, 46, 47

G

gadskārtas 16, 17, 21
 gaisa maisi 158, 159
 gala zarna 143
 galvaskausa dobums 92
 galvaskauss 197, 225, 226
 galvas nervi 191, 192, 194
 galvas smadzenes 189, 190–192, 196, 198, 206, 208, 210, 248, 291
 galvas smadzeņu garoza 184
 galvas smadzeņu pakalējā daļa 189, 190
 galvas smadzeņu priekšējā daļa 189, 198
 gametas 260
 gametofīts 60
 ganglijs 189, 190, 192–195
 garais kauls 224, 225
 garās dienas augi 54
 gareniskie muskuļi 222, 223
 garša 206, 207
 garšas pora 206
 garšas pumpurs 206, 207
 gastrīns 148
 gastrovaskulārais dobums sk. celoms
 gastrovaskulārais dobums sk. gremošanas dobums
 gastrula 281, 282
 gēni 287
 gēnu inženierija 76, 77
 giberilīni 48, 50
 glicerīns 147
 gliemene 141
 gliemezis 214, 215, 217
 gliemežņica 214, 215
 glikagons 242, 251, 255
 glikogēnfosforilāze 241
 glikogēns 94, 148, 149, 241
 glikokortikoīdi 242, 248
 glikoze 94, 112, 146, 148, 149, 176–178, 241, 242, 248, 250, 251, 255
 globulīni 87
 gludie muskuļi 88, 102
 gļotainais pelējums (*Dictyostelium*) 286
 gļotas 164
 gļotsomiņa 229
 gļotu dziedzeri 159
 Goldži komplekss 140
 gonāda 260, 267
 gonadotropie hormoni 242, 245, 246, 270
 gonadotropīns 270
 gonadotropīnu atbrīvojošais hormons 267, 270, 271
 gonoreja 275
 Grāfa pūslītis 269
 granulociti 112, 113
 grauds 69
 gravitropisms 43
 gredzeniskie muskuļi 222, 223
 gremošanas dobums 100, 140
 gremošanas dziedzeris 141
 gremošanas sulas 92, 148
 gremošanas trakts 108, 139, 140, 173, 290, 291
 grūtniecība 272, 292, 293
 guanozīna monofosfāts 212
 gumi 12
 gumiņbaktērijas 12, 28
 gumiņi 12, 28, 29
 gurķis (*Cucumis*) 21
 gutācija 32
 guza 140
 gūžas kauls 226, 228
 ģeotropisms 42, 43, 49

H

haustotijas 29

hemocels 100, 101
 hemoglobīns 113, 146, 148, 151, 163
 hemolimfa 100, 101
 hemoreceptori 161, 206
 hepatīts 133, 149, 274
 herbicīdi 50
 hermafrodīti 260
 heroīns 201
 herpes vīruss 274
 hialīna skrimslis 224
 hialīna skrimšļaudi 86
 hibridizācija 74, 75, 77
 hidra 156
 hidroponika 26
 hidrostatiskais skelets 222
 hipertonijs 110, 152
 hipofīze 178, 197, 242–248, 267, 271, 272
 hipoglikēmija 251
 hipokotila-dīgļsaknes ass 70
 hipokotils 40, 67
 hipotalāms 95, 197, 198, 242–246, 248, 267, 270, 271
 hipotonisks urīns 171
 histamīni 113, 125, 135
 hitīns 223
 HIV sk. cilvēka imūndeficīta vīruss
 hlamīdija (*Chlamydia trachomatis*) 275
 hlorigāts 26
 holecistokinīns 148
 holera 133
 holesterīns 150, 253
 homeostāze 94, 95
 horiņa bārkstīņas 292
 horiņš 261, 288, 290, 292
 horiongonadotropīns 272, 290
 hormona receptors 241
 hormoni 239–255

I

ieejošā arteriola 175
 ieelpa 156, 159, 161
 iegarenās smadzenes 161, 196, 197
 iegurna arterija 108
 iegurna dobums 92
 iegurna josla 226, 228
 iegurna vēna 108
 iegūtais imūndeficīta sindroms 132
 iekaisuma reakcija 124, 125
 iekšējā auss 214–216
 iekšējā elpošana 156, 162
 iekšējais pulkstenis 44
 iekšējais skelets 222, 223
 iekšējās sekrēcijas dziedzeri sk. endokrīnie dziedzeri
 iekšējā vide 94
 ielīgždošanās 288
 ikru muskulis 226, 229
 implantācija 289
 impotence 253
 impotents 265
 imunitāte 121–136
 imunizācija 133
 imūnsistēma 93
 indukcija 285
 infarkts 111
 inhibitors 71
 insulīns 94, 242, 250, 251, 254, 255
 integumenti 62
 irbulis 61
 irdenie šķiedrainie saistaudi 86
 isās dienas augi 54
 izejošā arteriola 175
 izelpa 156, 159, 161
 izkaisītā skleroze 136
 izotonisks urīns 171
 izvadcaurule 173
 izvadorgāni 173
 izvadpora 173

J

jostas nervi 191, 194
 jūga vēna 108
 jūraslilija (*Apotasia*) 100
 jušanas neirons 184, 193

K

kafija 72
 kahēzija 33
 kairinātājs 94, 193
 kāja 226, 228
 kakla nervi 191, 194
 kākšlis 247
 kakšs 189, 190
 kalcitriols 150
 kalluss 51, 74
 kalmārs 141, 189
 kambari 102, 103, 104, 106, 107
 kambaru mirgošana 107
 kambijis 14
 kamerveida acis 208
 kamodolīns 48
 kapilāri 101, 102, 162, 173, 175
 kapilāru tīkls 160
 kāpslītis 214, 215, 217
 kāpurs 252, 261
 karbaminohemoglobīns 163
 karcinoma 93
 kardiovaskulārā sistēma 102
 kardiovaskulārās slimības sk.
 asinsvadu slimības
 Kaspari svītra 10, 11, 28, 32
 Kašinga sindroms 249
 Katas lemūri (*Lemur catta*) 83
 kaučūkkoks (*Hevea*) 73
 kaula kanāliņš 224, 225
 kaula plēve 224
 kaula smadzenes 122, 123, 126
 kaula šūna 224, 225
 kaulenis 69
 kauli 86, 151, 152, 223, 242, 247, 264,
 268
 kaulu savienojumi 229
 kaulzivis 157, 170, 171, 172
 kaunuma kauls 293
 kaunums 268
 kauslapas 60
 kazene (*Rubus*) 68, 69
 keratīns 91
 keratotomija 211
 kināze 241
 kināzes fosforilāze 241
 kinīni 113
 klejotājnervs 192, 194
 kloāka 261
 klonēšana 75, 263
 klonēti augi 74
 koaglutinācija sk. asins recēšana
 kodoloksne 16
 koenzīms 26
 koevolūcija 64, 65
 koka gadskārtas 13
 kokaīns 201
 kokospalma (*Cocos nucifera*) 41
 koksne 6, 8, 9, 10, 14–16, 18, 30
 kokvina (*Gossypium*) 73
 kola 72
 kolagēna šķiedras 86
 kolenhīma 8
 koleoptīles 46, 47, 71
 koleoriza 71
 kontrakcija 231, 235
 kopaugļi 69
 kopulācija 260
 korķa kambijis 7, 16, 17
 korķis 7, 16, 17
 Kortija orgāns sk. spirālais orgāns

kortizols 242, 246, 248, 255
 krabis 189
 kreatinīns 177
 kreatīns 233
 Krebsa cikls 26
 kreisais kambaris 104, 105, 162
 kreisais priekškambaris 104, 105, 162
 kreisā kopējā miega artērija 104
 kreisā plaušu artērija 104, 105
 kreisā plaušu vēna 104, 105
 kreisā sirds vēna 104
 kreisā vainagartērija 104
 kreisā zematslēgkaula artērija 104
 kreīnisms 247
 kristālkonus sk. lēca
 krustu nervi 191, 194
 krūškurvis 159, 161
 krūšu dobums 92, 159–161
 krūšu ganglijs 189
 krūšu kauls 225–227
 krūšu nervi 191, 194
 krūts dziedera vēzis 272
 krūts dziedzeris 242, 244, 246, 272
 ksilēma 20
 kubiskais epitēlijs 84, 85
 kukaiņa nobriešana 252
 kukaiņēdāji augi 20
 kukaiņi 158, 159, 172, 173, 206, 208,
 223, 252, 261
 kukurūza (*Zea mays*) 15, 33, 43, 72
 kūniņa 252, 261
 kuņģa dobums 145
 kuņģa dziedzeri 145
 kuņģa siena 145
 kuņģa sula 146
 kuņģis 124, 140, 141, 142, 143, 144–146,
 148, 194
 kustību neironi 184, 193, 234
 kuteklis 268
 kutikula 7, 20, 21, 33
 kutīns 20
 kvieši (*Triticum*) 72
 K vitamīns 149
 ķīmiskie ziņneši 254, 255

L

labais kambaris 104, 105, 162
 labais priekškambaris 104, 105, 108, 162
 labā plaušu artērija 104, 105
 labā plaušu vēna 104, 105
 labā sirds vēna 104
 labā vainagartērija 104
 laktācija 272
 laktiņa 214, 215, 217
 lakūna 86
 Langerhansa saliņas sk. aizkuņģa
 dziedera saliņas
 lapa 4, 5, 20
 lapas aizmetnis 14
 lapas dzišļa 20
 lapas kāts 4, 5, 20, 53
 lapas matiņš 20
 lapas plātne 4, 5, 20
 lapogle (*Larix decidua*) 16
 lāpstīņa 226, 228
 lapu koki 18
 lapu pārveidnes 60
 laringīts 164
 laterālā meristēma 16
 lēca 208–211
 lēciņveida vadišana 186
 leikocīti 87, 112, 113, 115, 134
 lejupejošā zarna 143
 lemesis 227
 lenticēles 17
 lidmatīņi 70
 lidspārniņi 70
 lidzsvara nervs 215
 lidzsvara sajūta 216

lielais asinsrites loks 103, 108
 liels krūšu muskulis 226
 liels lielakauls 226, 228, 229
 lielās kaunuma lūpas 268
 lielās puslodes 197–199
 lielie dzerokļi 142
 liesa 123
 lignīns 8
 limbiskā sistēma 199
 limfa 114, 115
 limfas kapilāri 115, 122, 147
 limfātiskā sistēma 121–136
 limfmezgli 122, 123, 147
 limfocīti 112, 113, 123, 124
 limfoidie orgāni 122, 123, 124
 limfokinīni 130, 131, 134, 254
 limfvads 115, 122, 147
 lipāze 146
 loceklis 291
 locitava 223, 229
 locitavas somiņa 229
 locitavas somiņas dobums 229
 lokveida dzislojums 6
 lokzarna 149
 lucerna (*Medicago*) 15
 luciferīns 76
 lūksne 6, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 30, 36
 lūmens 147
 lūpu taustekļi 141
 luteinizējošais hormons 267, 270, 271

M

madara (*Galium aparine*) 66
 makroelementi 26, 151
 makrofāgi 125, 131
 maksts 260, 268–270, 293
 maksts iekaisums 275
 malārija 133
 Malpīģija vadi 173
 maltāze 146
 maltoze 143, 145, 146
 mammogramma 272
 mandele (*Prunus*) 68
 mandeles 123
 mangroves 12
 mantija 141
 maņu orgāni 205–218
 maranta (*Maranta leuconeura*) 44, 45
 marihuāna 73, 200
 masalas 126
 mastiodīts 226
 mata folikuls 90
 mati 151
 mazais asinsrites loks 103, 108
 mazais lielakauls 226, 228
 mazasinība 113
 mazās kaunuma lūpas 268
 mazie dzerokļi 142
 mazpurene (*Ranunculus ficaria*) 42
 medus bites 64
 megagametoīts 60, 61, 62, 63
 megaspora 60, 63
 megasporas mātšūna 63
 mehanoreceptori 214
 mejoze 60, 62, 63, 260
 melanocīti 90, 91
 melanocītu stimulējošais hormons 242,
 245
 melanoma 93
 melatonīns 242, 252
 mēle 206
 mēles kārpīņa 206
 meniski sk. skrimšļa plātnītes
 menopauze 272
 menstruācija 253, 271, 272, 292
 meristēma 7
 meristēmu kutūras 74
 mezgls 4, 5
 mezoderma 84, 281–283, 290

mezofils 20, 22
 miega artērija 108, 161
 mielīna apvalks 89, 184
 miera periods 48
 miera potenciāls 186, 187
 mietskāne 12
 mikoriza 12, 29
 mikroelementi 26, 151
 mikrogametoīts 60, 61, 63
 mikroglija 89
 mikropavairošana 74
 mikrosporas 60, 62, 63
 mikrosporas mātšūna 63
 mīkstās aukušlejas 144
 mimoza (*Mimosa pudica*) 44, 45
 mineralokortikoidi 242, 248
 miofibrilla 232, 233
 miokarda infarkts sk. sirdslēkme
 miokards 104
 miotonija 265
 miozīna šķiedra 232, 233, 235
 mitoze 62, 260
 mitrālā stenozē 107
 miza 14, 15, 16, 32
 monocīti 112, 123, 124, 125
 monoklonās antivielas 135
 morfoģenēze 284, 285, 287
 morula 281, 282, 289
 motorie neironi sk. kustību neironi
 muguras nervi 192, 227
 muguras smadzenes 92, 184, 189, 191,
 192, 196, 197, 226, 227, 248
 mugurējais rags 193
 mugurējā saknīte 192, 193
 mugurkaula kanāls 92
 mugurkaula skriemelis 192, 197
 mugurkaulnieki 190, 208, 214, 223,
 mugurkauls 92, 226, 227, 291
 muskuļaudi 84, 88, 251
 muskuļi 158, 161, 242
 muskuļšķiedra 232–234
 muskuļšķiedras apvalks 232–234
 muskuļu darbība 231
 muskuļu darbības potenciāls 234
 mute 140, 141, 143, 145, 146, 160
 mutes dobums 143, 145

N

nabas saite 290–293
 naktssvecē (*Oenothera*) 208
 narkotiskās vielas 200
 nāsis 160
 nātrija-kālija sūknis 187
 neaizvietojamie neorganiskie elementi
 26
 nefridijs 173
 nefrona cilpa 174, 175, 177
 nefrona kanāliņš 179
 nefrona kapsula 175, 176
 nefrons 174, 175, 177
 negatīvā atgriezeniskā saite 94, 243,
 244, 246, 247, 267, 270
 negatīvais spiediens 159, 161
 neuroglija 89
 neuroģlijas šūnas 184, 190
 neirons 89, 184, 186, 188
 neurotransmisīvās vielas 188, 194, 195,
 234
Neisseria gonorrhoeae 275
 neutrofilis 112, 113, 124, 125
 nepilnīgs gremošanas trakts 139, 140
 nervaudi 84, 89
 nervs 90, 189, 192
 nervu caurulīte 283
 nervu impulsi 184, 186–188, 248
 nervu-muskuļu savienojums 234
 nervu plātnīte 283, 285
 nervu rievā 283

nervu sistēma 143, 183–201, 239, 283, 291
 nervu stiegra 189
 nervu šķiedra 184, 189, 192
 nervu šķiedru kūlītis 192
 nervu tīkls 189
 nesteroidie hormoni 240, 241
 nierēs 94, 108, 112, 149, 150, 170, 171, 174, 179, 194, 242, 247–249
 nierēs blodiņa 174
 nierēs garoza 174, 175, 178
 nierēs ķermenītis 175, 176
 nierēs likumainais kanāliņš 244
 nierēs piramīda 174
 nierēs serde 174, 175, 178
 nieru artērija 108, 174
 nieru sekrēcija 176
 nieru vēna 108, 174, 175
 nikotīns 200
 nobriedis mikrogametofīts 63
 noradrenālais sk. norepinefrīns
 norepinefrīns 188, 194, 195, 242, 248
 notohorda 283, 285, 291
 nūjiņas 209, 210, 212
 nukleīnskābes 26

O

oga 69
 oksihemoglobīns 163
 oksitocīns 242, 244
 oligodendrocīts 89
 olīnīcas 242, 243, 246, 253, 260, 269–271
 olīnīcu cikls 269, 270
 olšūna 60, 62, 63, 66, 263, 268, 269, 280, 289
 olvads 268, 269, 272, 289
 omatīdijs 208
 oocīts 269, 270, 289
 oogenēze 242
 ooplazmatiskā segmentācija 284
 opuncija (*Opuntia*) 21
 orgāni 90
 orgānu sistēmas 90, 92
 osmotiskais potenciāls 31
 osmotiskais spiediens 112, 115, 170, 171, 173, 176, 179
 osteoblasti 152, 225
 osteocīti 86
 osteoklasti 152, 225, 247
 osteons 86
 osteons sk. kaula kanāliņš
 osteoporoze 152, 230
 ostijas 101
 otīts 164
 otolīts 215, 216
 otosklerozē 215
 ovālais lodziņš 214–217
 ovulācija 253, 269–272, 289
 ozona slānis 93
 oža 207
 ožas nervs 207
 ožas receptori 206
 ožas sipols 207
 ožas skropstiņas 207
 ožas šūnas 207

P

paaudzū maiņa 60
 Pačīni ķermenīši 91
 pakauša daiva 198, 206
 pakauša caurums 226, 227
 pakauša kauls 226, 227
 pāksts 69
 pamataudi 7, 8
 pamatmembrāna 14, 85
 papīrs 19

paralēls dzislojums 6
 parasimpātiskā nervu sistēma 191, 194, 195
 parathormons 242, 247
 parazitiski augi 29
 parciālais spiediens 163
 parenhīma 8, 9
 Parkinsona slimība 185
 parkinsonisms sk. Parkinsona slimība
 pārkoksnēšanās 16
 partenogēze 260
 pasīvā imunitāte 134
 pasīvais transports 147
 Pastērs Luijs 133
 paura daiva 198
 paura kauls 226, 227
 pavadītājšūnas 8, 15, 30, 37
 pavasara koksne 16
 pavedienu slīdēšanas teorija 233
 pēcnācēji 262
 pēda 226
 pēdas pamata kauli 226, 228
 pelargonijas (*Pelargonium*) 25
 pelēkais pūsmēness 284, 285
 pelēkā viela 192, 193, 196
 pepsīns 144, 145, 146
 peptidāze 146
 peptīds 145, 146
 pericikls 10, 11
 periderma 7
 perifērā nervu sistēma 184, 190–192
 perikards 92, 104
 perikarps 68, 69
 peristaltika 143, 144
 peritonīts sk. vēdera dobuma iekaisums
 pH 26, 46, 47
 pieauss siekalu dziedzeri 143
 piena vads 272
 pieres daiva 198
 pieres kauls 226, 227
 piesakne 12
 pigmentšūnas 208
 pilnīgs gremošanas trakts 139, 140
 pirkstu falangas 226, 228
 placenta 262, 272, 288, 292, 293
 plakantārpi 100
 planārija 100, 140, 156, 173, 189, 206, 208, 222
 plauksta 226
 plauksta pamata kauli 226, 228
 plaušas 108, 155, 158–165, 170
 plaušu artērija 108, 162
 plaušu asinsrites loks sk. mazais asinsrites loks
 plaušu elpošana sk. ārējā elpošana
 plaušu fibroze 164, 165
 plaušu plēve 161
 plaušu slimības 164
 plaušu stumbrs 104
 plaušu tilpums 159
 plaušu tuberkuloze 164
 plaušu vēna 108, 162
 plaušu vēzis 164, 165
 plazma 87
 plazmatiskā membrāna 26
 plazmodesmas 9
 plecu josla 226, 228
 pleira sk. plaušu plēve
 pleiras dobums 92
 plēsēji 139, 141, 142
 plezmas kauli 226, 228
 plūksnains dzislojums 6
 plūksnaini salikta lapa 21
 pneimonija 164
Pneumocystis carinii 164
 poģaļa 69
 polifāģi sk. visēdāji
 polipeptīdi 128, 129
 porainā kaulviela 87, 224, 225
 posms 4, 5, 14
 posmtārpi 157

postganglionārā šķiedra 194, 195
 postsinaptiskā membrāna 188
 pozitīvais spiediens 159
 pozitīvs spiediena potenciāls 37
 preganglionārā šķiedra 194, 195
 presinaptiskā membrāna 188
 pret dienas garumu neitrāli augi 54
 priekšādiņa 264
 priekšdziedzeris 264, 265
 priekšējais rags 193
 priekšējā saknīte 192, 193
 priekškambari 102, 103, 104, 106, 107
 priekšzobi 142
 primārā koksne 11, 14, 16, 17
 primārā lūksne 11, 14, 17
 primārā miza 10, 11, 16, 17, 22
 primārā sakne 12, 70, 71
 primārā zarna 281–283
 progesterons 242, 253, 269, 270, 272
 prokambijs 14
 proksimālais likumainais kanāliņš 174–177
 prolaktīns 242, 245, 246
 proteīni 26, 145, 146
 protoderma 14
 protoplasti 76
 protrombīns 114
 pseidocelomiskie bezmugurkaulnieki 100
 pubertāte 253, 254, 267
 pumpurošanās 260
 pundurpalma (*Chamaerops*) 73
 Purkinjē šķiedras 107
 puscaurlaidīga membrāna 37
 pūslis 173
 pusloka kanāli 214–216
 pūsmēness vārstuļi 104, 105, 106
 putekšņica 61, 62, 63, 66
 putekšņicu kultūras 75
 putekšņi 62, 65, 66
 putekšņkāts 61
 putekšņlapa 60, 61, 62, 63
 putekšņmaciņš 62, 63, 66
 putni 65, 159, 171, 172, 178, 198, 208, 262, 288

R

radzene 208–211
 rahīts 150
 Ranvjē iežmauga 184
 rāpuļi 158, 159, 171, 172, 178, 198, 208, 261, 288
 reabsorbīcija 176, 177, 179
 receptori 91, 94, 95, 188, 193
 receptoršūna 184
 redze 151
 redzes daivas 190
 redzes nerva šķiedras 208
 redzes nervs 209, 210
 redzes pūšji 291
 redzes receptori 210
 redzes zudums 213
 refleksa loks 193
 refleks 193
 reimatiskais artrīts 136
 renīna–angiotenzīna–aldosterona sistēma 179
 renīns 179, 248, 249
 repolarizācija 186, 187
 resnā zarna 143, 149, 170, 194, 268, 293
 retikulārie saistaudi 86
 rēzus faktors 117
Rhizobium 28
 ribas 159, 161, 225–227
 rieksts 69
 rikle 140, 143, 144, 145, 157, 160
 rīkles maiss 291
 rīss (*Orza*) 72
 rīvīte 141

rodopsīns 212
 roka 226, 228

S

saauguši augļi 69
 saharoze 36, 37
 saistaudi 84, 86–87
 saites 86
 sajūtu orgāni 90
 sakne 4, 18, 21
 saknenis 18
 saknes galotne 10
 saknes spiediens 32
 sakņu pārveidnes 74
 sakņu sistēma 4
 salikta lapa 21
 saliktas acis 208
 sāļi 151, 225
 sānpumpuri 74
 sānpumpurs sk. žākles pumpurs
 sānsakne 11, 12
 sānu līnija 214
 sarkanās asins šūnas 87
 sarkanās asins šūnas sk. eritrocīti
 sarkanās kaula smadzenes 112, 113, 114, 123, 124, 131, 224, 225
 sarkolemma sk. muskuļšķiedras apvalks
 sarkomērs sk. disks
 sarkoplazmatiskais tīkls 232
 sausi augļi 69
 sauszemes dzīvnieki 156, 158, 159, 170, 171, 223, 260–262
 savācējkanāliņš 173, 174–178
Schizachyrium scoparium 35
 sede 17
 segaudi 7
 sēkla 62, 63, 68, 69
 sēklaizmetnis 61, 62, 63, 68
 sēklapvalks 62, 70
 sēklas izviedējvads 264
 sēklas pūslītis 264
 sēklas šķidrums 264, 265
 sēklenis 69
 sēklinieka kanāliņi 267
 sēklinieka maisiņš 264
 sēklinieka piedēklis 264, 265
 sēklinieki 242, 243, 246, 253, 260, 264, 266, 267
 sēklotne 60, 61, 62, 63, 68, 69
 sēklu digšana 70, 71
 sēklvads 264–266
 sekretīns 148
 sekretorā fāze 271
 seksuāli transmisīvās slimības 272, 274, 275
 sekundārā koksne 16, 17
 sekundārā lūksne 17
 sekundārā sakne 70
 sekundārās dzimumpazīmes 242
 sensorie neironi sk. jušanas neironi
 serde 11, 14, 15, 16, 22
 Sertoli šūnas 267
 serums 114
 sēžas nervs 191
 Sibīrijas mēris 133
 siekalu amilāze 143–146
 siekalu dziedzeri 143, 146, 194
 sietīnkauls 226, 227
 sietplātne 8, 9, 30, 37
 sietstobri 8, 9, 15, 30, 37
 sievišķie augi 61
 sifiliss 275
 sifons 141
 sikspārņi 65
 simbioze 29
 simpātiskā nervu sistēma 191, 194, 195, 248
 sinapse 188, 234

sinaptiskais pūslitis 188, 234
 sinaptiskā sprauga 188, 234
 sinergida 62, 63, 66
 sinoatriālais mezgls 107
 sinoviālā membrāna 229
 sinusīts 164
 sīpoliņa dziedzeris 264, 265
 sīpols 20
 sirds 102, 104, 108, 194, 291
 sirds darbība 107, 248
 sirds darbības cikls sk. sirdspuksti
 sirdslēkme 111
 sirds muskulis 88, 242
 sirdspuksti 106
 sirds slimības 110, 111
 sirds soma sk. perikards
 sirdstrieķis 111
 sistole 106
 sistoliskais spiediens 109
 skābekļa parāds 233
 skaistnātres (*Coleus*) 43
 skaņas 160
 skaņas uztvere 217
 skeleta muskuļi 88
 skelets 225
 skerenhīma 21
 sklēra sk. cīpslene
 sklerenhīma 7
 skrimslis 86, 87, 223–225, 229
 skrimšļa plātnītes 229
 skrimšļzivis 170
 skropstiņepitēlijs 85
 skuju koki 18
 slāpekli fiksējošās baktērijas sk.
 gumiņbaktērijas
 slāpekļa atkrūmvielas 172
 slāpekļa fiksācija 28
 slēdzējšūna 7, 20, 34, 53
 slēgta asinsrite 101
 sliēka 140, 173, 189, 190, 222, 260
 smadzenes 90
 smadzenītes 184, 196, 197
 smadzeņu ganglijs 189
 smadzeņu saiklis 197
 smadzeņu stumbrs 196, 197, 206, 226
 smaildadzis 54
 somatiskā nervu sistēma 191, 193
 somatotropīns sk. augšanas hormons
 somenis 69
 somoklonālā selekcija 76
 spāņu juka (*Yucca glauca*) 3
 spārnkauls 226, 227
 sperma 261, 264, 265, 267
 spermatīds 266
 spermatocīts 266
 spermatogonijs 266
 spermatogēnēze 242, 267
 spermatozoidi 253, 260, 264–267, 280,
 289
 spermiji 60, 62, 63, 66
 spiediena–plūsmas modelis 36, 37
 spiediena potenciāls 31
 spiediena receptori 214
 spieķa nervs 191
 spieķkauls 226, 228
 spirālais orgāns 215–217
 sporofīts 60, 62
 spraudeni 74
 spureklis 142
 spurgaliņas 4, 7, 10, 21, 28, 32
 stabīņepitēlijs 84, 85
 staraini salikta lapa 21
 starains dzislojums 6
 starene 209, 211
 starpneirons 184, 193, 196
 starpskriemeļu diski 192, 227

starpšūnu šķidrums 31
 statocisti 216
 statolīti 43, 216
 steroīdie hormoni 240–242
 stiepšanās zona 10
 stīga 18, 74
 stigma 158
 stiklveida ķermenis 209, 210
 stīlets 36
 stratifikācija 70
 strauss (*Struthio camelus*) 259
Streptococcus pyogenes 164
 strutas 164
 stumbra pārveidnes 18
 stumbrs 4, 14, 18
 suberīns 7
 sukulenti 20
 sulīgi augļi 69
 suspensors 67
 svešappute 65
 sviedru dziedzeri 90, 95, 214
 šķērssiēna 105
 šķērsvitrotie muskuļi sk. skeleta
 muskuļi
 šķērszarna 143
 šķiedrainās saites 105
 šķiedrainie saistaudi 91, 102
 šūnapvaks 26, 31, 76
 šūnas elpošana 26
 šūnas ķermenis 184, 188
 šūnu dalīšanās zona 10
 šūnu diferencācija 284
 šūnu suspensiju kultūras 75
 Švāna šūnas 184

T

tahikardija 107
 taisnais vēdera muskulis 226
 taisnā zarna 149, 194
 Tāla sikplikstiņš (*Arabidopsis thaliana*)
 52
 talāms 197, 199
 tālredzība 211
 taukaudi 86, 90, 242, 254
 tauki 146, 149, 229, 251, 272
 taukskābes 146
 tauriņi 65
 tausteklis 141, 189
 tēja 72
 temperatūra 163
 testosterons 242, 253, 267
 tibiālais nervs 191
 tievā zarna 112, 143, 145–150, 194, 251
 tigmotropisms 42, 44
 tiklene 209, 210, 212
 tiklenes asinsvads 209
 tiklveida dzislojums 6
 tilts 196, 197
 timozīns 242, 254
 timuss sk. aizkrūtes dziedzeris
 tireokalcitonīns 242, 247
 tiroksīns 242, 246, 247, 255
 T–limfocīti 113, 123, 126, 130, 131, 254
 toksīns 128
 tomāts (*Lycopersicon*) 5, 68, 76
 traheīdas 8, 9, 21, 30
 traheja 8, 15, 21, 30, 144, 155, 158, 160,
 161, 194, 247
 traheju posmi 8, 9
 traheola 158
 trakumsērga 133
 transgēnie augi 76, 77

transpirācija 26, 33
 treponēma (*Treponema pallidum*) 275
 triceps sk. triģalvainais
 atliecējmuskulis
 trihomona (*Trichomonas vaginalis*) 275
 trijodtiroksīns 242, 246
 tripsīns 146
 triģalvainais atliecējmuskulis 226
 trīsviru vārstulis 105
 trofoblāsts 289, 290
 trombīns 114
 trombocīti 87, 112, 113, 114
 trombs 111
 tropismi 42
 tropomiozīns 235
 troponīns 235
 T–šūnas sk. T–limfocīti
 tuberkulas 164
 tupelīte (*Paramecium*) 100
 turgora spiediens 31
 turgors 47
 tuvredzība 211

U

ūdensdzīvnieki 156, 157, 170, 260–262
 ūdens plūsma 37
 ūdens potenciāls 31
 ugunspuķe (*Epilobium*) 59
 urīnizvadkanāls 174, 264, 265, 268
 urīnpūslis 174, 194, 264, 268
 urīns 149, 171, 173, 174, 176, 178, 264
 urīnskābe 87, 112, 172, 173, 176, 177
 urīnvads 174, 264
 urīnviela 87, 112, 148, 149, 170, 172,
 176–178
 uzbalsenis 144, 160, 161
 uzmava 10
 uzsūcējzona 10
 uzturs 150, 207

V

vadaudi 7, 8, 10, 11, 20, 22
 vadaudu cilindrs 32
 vadaudu kūlīši 6, 14
 vaginīts sk. maksts iekaisums
 vaigu kauls 227
 vainagartērija 111
 vainaglapas 60, 61, 62
 vairogdziedzeri stimulējošais hormons
 242, 245–247
 vairogdziedzeris 151, 242, 243,
 246, 247
 vairogskrimslis 160
 vairošanās fāze 271
 vakcīnas 133
 vakuola 31
 vāļītes 209, 210, 212
 vaļēja asinsrite 101
 varavīksnene 209
 vārstuļi 102, 109, 122
 vārtu sistēma 108
 vasa 4
 vasaras koksne 16
 vaskulārais kambijis 14, 16, 17
 vaskulārie augi 30
 vazopresīns sk. antidiurētiskais
 hormons
 vēdera ārējais slīpais muskulis 226
 vēdera dobuma iekaisums 149
 vēdera dobums 92

veģetatīvā nervu sistēma sk. autonomā
 nervu sistēma
 veģetatīvie orgāni 5, 22
 veidotājadi sk. meristēma
 vēna 90, 102, 109, 175, 291
 venozās asinis 105, 108
 ventrikuls 196, 197
 vēnulas 102, 109, 115, 147, 160, 175
 vēnu varikoze 109
 vēnu vārtu sistēma 245
 vēzis 150, 253, 254
 vides signāli 254, 255
 vidusauss 214, 215, 226
 vidusauss iekaisums 226
 vidusnervs 191
 vidussmadzenes 190, 196, 197
 viendīgļlapji 6, 11, 15, 60, 67, 71
 vienkārša lapa 21
 vienmājas augi 61
 vīnogas (*Vitis vinifera*) 50
 vīrišķie augi 61
 virsējā epiderma 20
 virsnieres 194, 242, 243, 246, 248, 249
 virsnieru dziedzeris sk. virsnieres
 virsnieru garoza 179
 visēdāji 142, 143
 vitamīni 150, 151
 vitelīna apvalks 280
 vitols (*Salix*) 11

Z

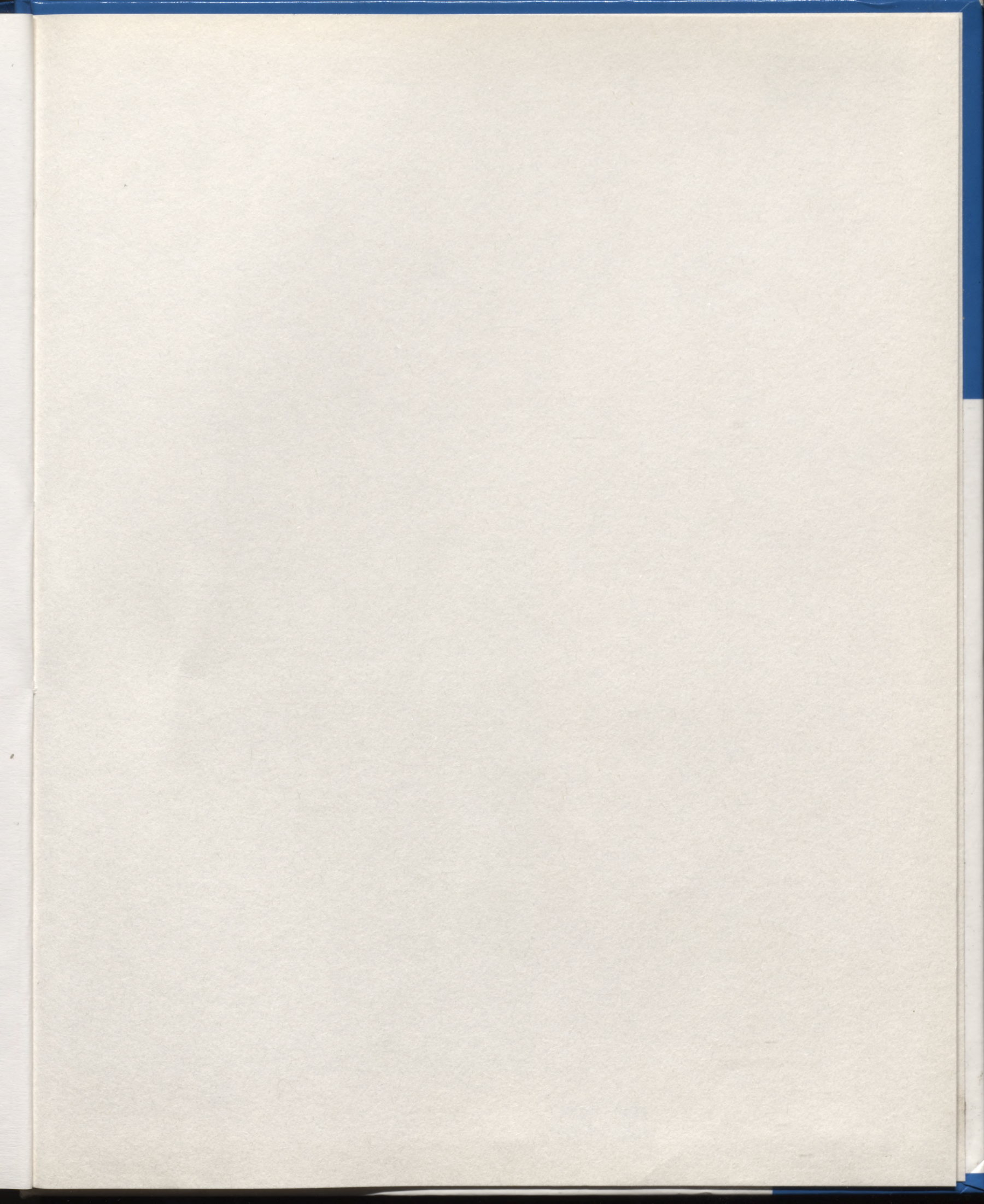
zāglapsene 13
 zarnas 141, 242, 247, 283
 zarnas kroka 140
 zarnadobumaipi 100
 zarnu baktērijas 149
 zarnu bārkstīpas 146, 147
 zedeņu parenhīma 20
 zemāda 90, 91
 zematslēgkaula artērija 108
 zematslēgkaula vēna 108, 122
 zemenes (*Fragaria*) 74
 zemmēles siekalu dziedzeri 143
 zemžokļa siekalu dziedzeri 143
 zīdīšana 272
 zīdītāji 159, 172, 190, 198, 206, 208, 254,
 262, 288
 ziedgultne 61
 zieds 4, 60
 ziemcietes 4
 zigota 60, 62, 63, 66, 67, 260–262, 280,
 281
 zilīte 194, 209
 zilkājinā sula (*Sula nebovixii*) 239
 zirnis (*Pisum*) 68, 69
 zivis 157, 171, 198, 208, 214, 254, 260
 zobi 142, 143, 151
 zvaigžņveida šūnas 173
 zviņlapas 18
 zviņveida epitēlijs 84, 85, 91
 žākle 5
 žākles pumpurs 5, 14, 53
 žaunas 141, 155, 157, 171
 žaunu lapiņas 157
 žaunu loks 103, 157
 žaunu plātnītes 157
 žaunu spraugas 157
 žaunu vāki 157
 žokļi 141
 žults 146, 148
 žultspūslis 143, 146, 148, 194, 250
 žultsvads 143, 149, 250

Silvija S. Madera
BIOLOĢIJA
3. DAĻA

Redaktore **A. Bīteniece, M. Kusiņa**
Māksl. redaktore **A. Lubgāne**
Tehn. redaktore **I. Klotiņa**
Maketētājs **M. Karelis**
Korektore **K. Laicāne**

Apgāds **Zvaigzne ABC, SIA**,
K. Valdemāra ielā 105, Rīgā, LV-1013.
Red. nr. B-105.

A/s Preses nams
poligrāfijas grupa Jāņa sēta



LATVIJAS NACIONĀLA BIBLIOTEKA



0301022467

**OBLIGĀTAIS
EKSEMPĻĀRS**

6!

2001-6
L 40, III



Par grāmatas autori Silviju Maderu

Silviya Madera ir fizioloģijas zinātņu doktore. Pirms viņa sāka rakstīt mācību grāmatas, viņa strādāja par bioloģijas pasniedzēju. Viņa bija brīnišķīga pasniedzēja, kas savu darbā gūto pieredzi tagad izmanto grāmatu veidošanā. Silviya Madera sadarbojas ar izdevējiem jau 20 gadus un ir uzrakstījusi daudzas grāmatas par cilvēku, viņa anatomiju un fizioloģiju.

Šis ir S. Maderas grāmatas "Bioloģija" sestā izdevuma tulkojums latviešu valodā, kas sagatavots trīs grāmatās. Tās var izmantot skolēni vidusskolas bioloģijas profilkursa apguvei un augstskolu pirmo kursu studenti vispārīgās bioloģijas apguvei.

Pirmajā grāmatā ir aplūkota šūna, šūnas ķīmija, molekulārās bioloģijas pamati un ģenētika.

Otrā grāmata vēlīta sistematikas, evolūcijas un ekoloģijas jautājumiem.

Trešā grāmata raksturo augu, dzīvnieku un cilvēka uzbūvi un dzīvības norises.

