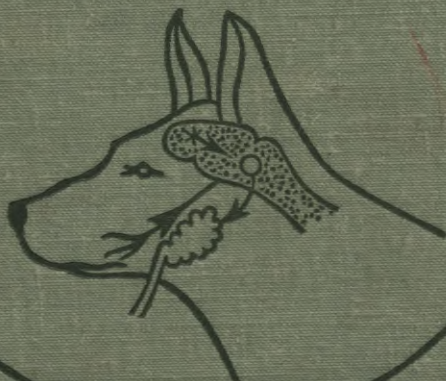
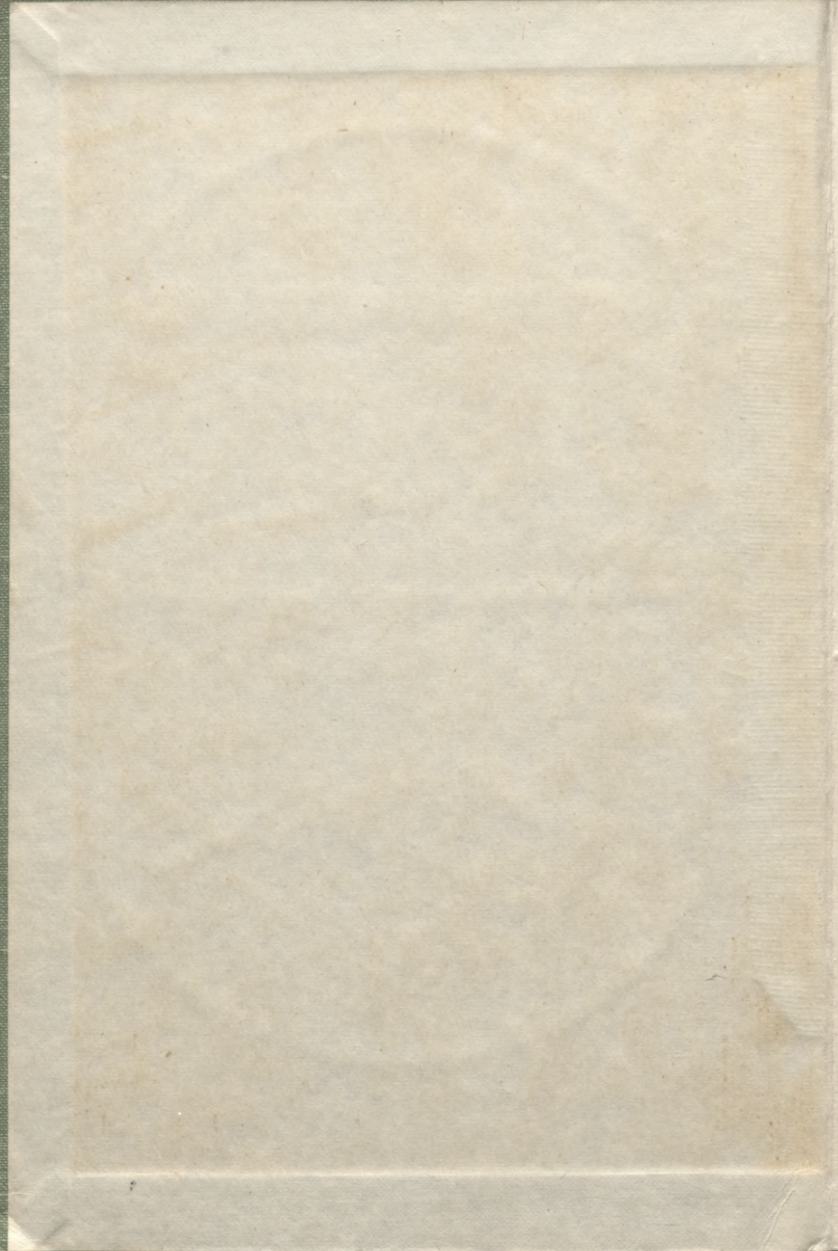


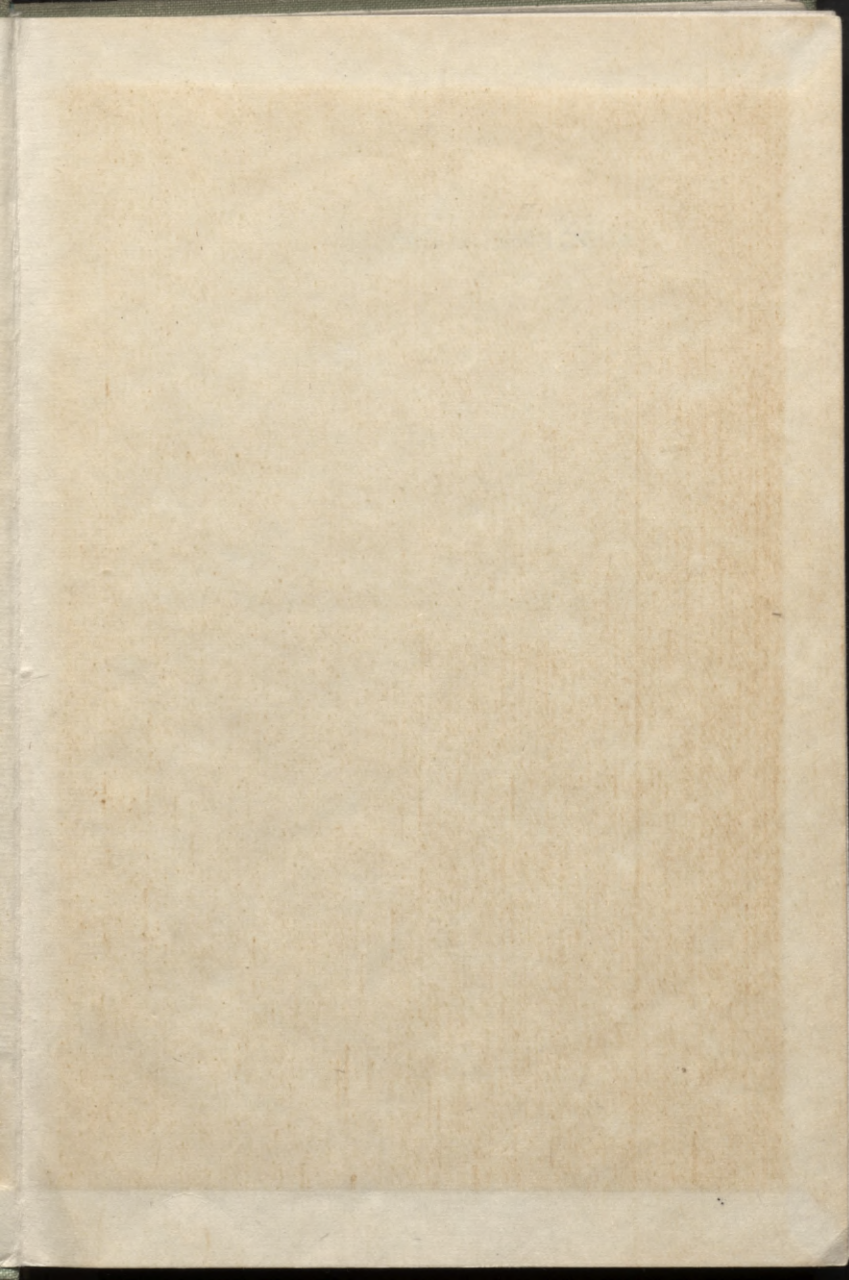
L 78-4
42

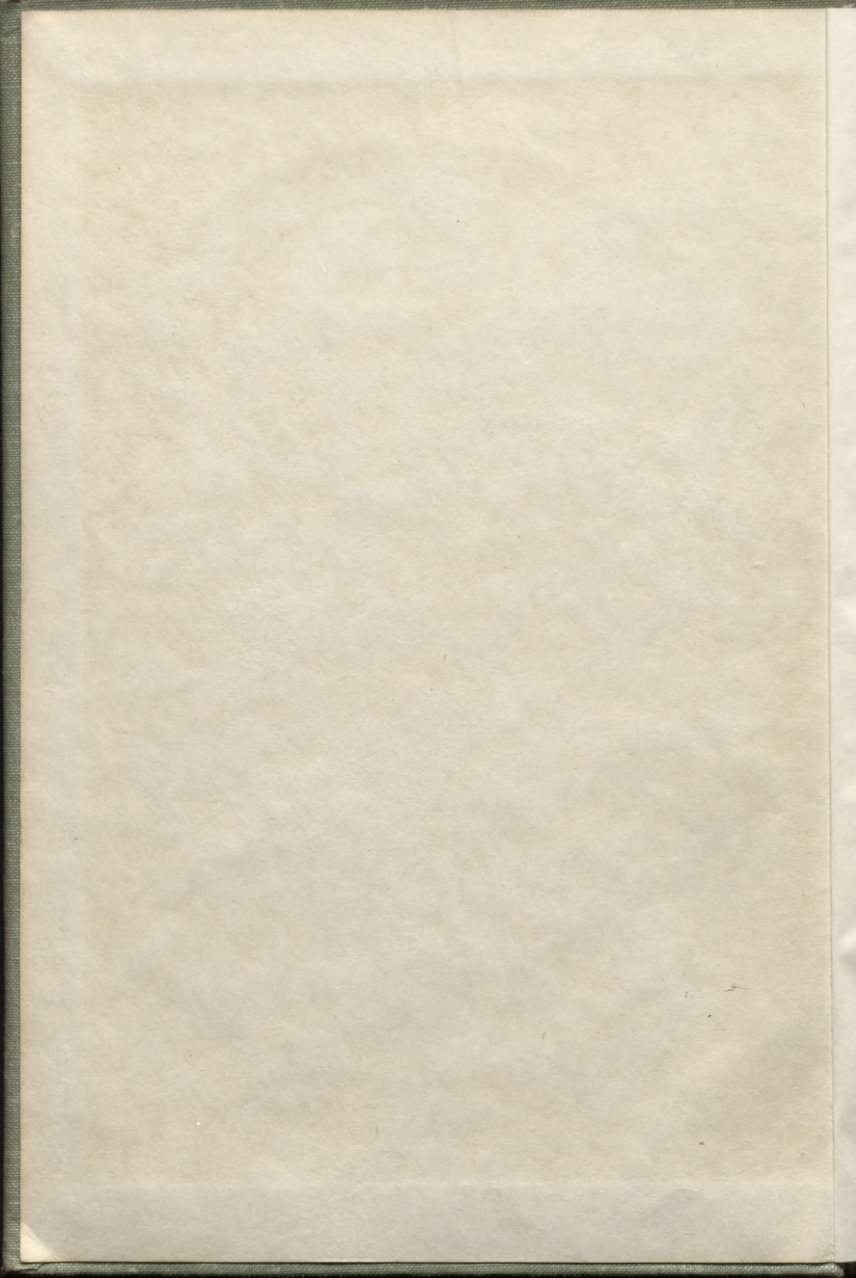
R. DAUGERTS, A. GARANČS, DZ. ZARINA

DZĪVNIEKU FIZIOLOGIJA









L
59

IZDĀVĀJUMS "ZINĀTĀNES BAZĀRĀ"

DZĪVNIEKU FIZIOLOĢIJA

DZĪVNIEKU FIZIOLOĢIJA

1978. gada izdevums

Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība
Rīga, 1978. gada izdevums. Latvijas Zinātņu akadēmijas
izdevniecība, izdevums "Zinātne un tehnika"

1978

DZWIĘKI FIZJOLOGII

L 78-4
42

L
59

R. DAUGERTS, A. GARANČS, DZ. ZARIŅA

DZĪVNIEKU FIZIOLOĢIJA

Otrais, pārstrādātais izdevums

Latvijas PSR Augstākās un vidējās speciālās izglītības ministrija
atļāvusi lietot par mācību grāmatu Latvijas Lauksaimniecības
akadēmijas Veterinārās fakultātes un Zootiēnieņu fakultātes
studentiem



RĪGA «ZVAIGZNE» 1978

636.02
Da 850

Vija Lača Latv. PSR

VALSTS BIBLIOTĀKA

78-17-424-0808124829

Р. К. Даугертс, А. Т. Гаранчс, Дз. П. Зариня

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Издание 2-е, переработанное

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования Латвийской ССР в качестве учебника для студентов ветеринарного и зооинженерного факультетов Латвийской сельскохозяйственной академии

Издательство «Звайгзне»

Рига 1978

На латышском языке

DZĪVĪNĪEKU FIZIOLŌGIJA

В книге рассмотрены физиологические функции организма сельскохозяйственных животных, которые наиболее тесно связаны с их продуктивностью и нарушения которых наиболее часто встречаются в ветеринарной практике. Большое внимание уделено вопросам регуляции функций животного организма и особенно подчеркнута возможность такой их регуляции, которая способствует повышению продуктивности животных.

В соответствии с требованиями современной физиологии материал изложен в таком виде, который наиболее полно отражает динамику физиологических процессов и их биохимическую сущность.

При рассмотрении механизмов физиологических процессов в необходимом объеме представлены сведения о патологических процессах, а также анатомические и гистологические данные.

Книга предназначена в качестве учебника для студентов ветеринарного и зооинженерного факультетов ЛСХА. Ее смогут использовать специалисты сельского хозяйства, а также практики животноводства.

В книге 63 рисунка и 35 таблиц.

1. Ievads

FIZIOLOĢIJAS PRIEKŠMETS UN UZDEVUMI

Fizioloģija (grieķiski *physis* — daba, *logos* — mācība) ir bioloģijas zinātne. Tās pētišanas objekts ir dzīvs organisms un galvenā pētišanas metode — eksperiments. Fizioloģija pēta cilvēka un dzīvnieku organisma normālās funkcijas to savstarpējā sakarībā un mijiedarbībā ar apkārtējo vidi, kā arī dzīvības procesu likumsakarības.

Fizioloģija ir cieši saistīta ar anatomiju, histoloģiju, embrioloģiju, biokīmiju, biofiziku, molekulāro bioloģiju un citām zinātņu nozarēm. Tai ļoti liela nozīme klīniskajā praksē, jo, pētot vielu maiņas, iekšējās sekrēcijas, asinsrites, elpošanas un citas slimības, var noskaidrot ne tikai normālās fizioloģiskās, bet arī daudzas patoloģiskās parādības.

Gaļas, tauku, piena un vilnas produkcija ir visa dzīvnieka organisma funkciju rezultāts. Zinot dzīvnieka organisma fizioloģiskos procesus, iespējams tos mainīt cilvēkam vēlamā virzienā.

Mājdzīvnieku fizioloģijas zināšanas palīdz pareizi izprast dzīvnieku slimību etioloģiju un patogēnēzi, savlaicīgi un pareizi organizēt profilaksi un dzīvnieku ārstēšanu. Tādējādi dzīvnieku fizioloģija ir veterinārijas teorētiskais pamats.

Daudzi fizioloģijas sasniegumi ir kļuvuši par svarīgām klīniskās diagnostikas metodēm, kuras pašreiz plaši izmanto veterinārajā praksē.

Dzīvnieku fizioloģiju var sadalīt vairākās, savstarpēji cieši saistītās zinātnes nozarēs — vispārīgajā, speciālajā un salīdzinošajā fizioloģijā.

Vispārīgā fizioloģija pēta vispārīgās likumsakarības, kas raksturīgas visiem dzīvnieku organismiem, piemēram, uzbudinājuma rašanos un tā pārvadi, bioelektriskās parādības dzīvos audos un citus fizioloģiskos procesus. Viena no vispārīgās fizioloģijas nozarēm ir *šūnas fizioloģija*.

Speciālā fizioloģija pēta atsevišķu orgānu, piemēram, gremošanas trakta, aknu, sirds, nieru vai ausu, piemēram, muskuļaudu, nervu un citu ausu funkcijas.

Salīdzinošā fizioloģija pēta dažādu sugu organismu funkciju īpatnības, kā arī vienas sugas organisma funkciju

īpatnības dažādos individuālās attīstības etapos. Salīdzinošās fizioloģijas sastāvdaļa tādējādi ir *evolucionārā fizioloģija*, kas pēta organisma funkciju filogenētiskās un ontogenētiskās attīstības likumsakarības.

FIZIOLOĢIJAS ATTĪSTĪBAS VĒSTURE

Pirmie fizioloģiskie novērojumi un eksperimenti tika izdarīti jau sirmā senatnē. Tā jau vairāk nekā pirms 2500 gadiem tika pētīta cilvēka un dzīvnieku anatomiskā uzbūve un organisma fizioloģiskās funkcijas. Taču pirmie uzskati par organisma fizioloģiskajām funkcijām bija hipotētiski un ideālistiski, jo tie pamatojās gandrīz vienīgi uz liķa sekcijā iegūtajiem novērojumiem. Tā, piemēram, izcilais senatnes filozofs un zinātnieks Aristotelis IV gs. pirms m. ē. uzskatīja, ka asinis veidojas aknās, no kurienes pa vēnām nonāk sirdī, kur tās sasilst un pēc tam atkal pa vēnām nokļūst audos. Tā kā sekcijas laikā artērijās netika atrastas asinis, uzskatīja, ka pa artērijām plūst īpaša viela — t. s. «dzīvības pneima». Izcilais grieķu ārsts Hipokrāts (460. ... 366. g. pirms m. ē.) uzskatīja, ka galvas smadzenēs veidojas sperma, kura pa muguras smadzenēm nonāk dzimumdziedzeros. Jāatzīmē tomēr, ka senie grieķu zinātnieki bija ieguvuši arī dažas pareizas ziņas par atsevišķām organisma funkcijām. Tā, piemēram, grieķu ārsti Herofils un Erasistrāts pareizi izprata nervu nozīmi sāpju sajūtās un organisma kustībās.

Antikajā laikmetā fizioloģiskā eksperimenta nolūkā izdarīja arī pirmās vivisekcijas (dzīvā organisma griešanu). Tā, piemēram, romiešu ārsts Klaudijs Galēns (II gs.), atverot artērijas starp divām ligatūrām, konstatēja, ka artērijās ir asinis, nevis gaiss, kā to uzskatīja agrāk.

Tomēr šie atsevišķie eksperimenti neradīja pareizus uzskatus par organisma funkcijām.

Tikai XVI gs. beigās un XVII gs. sākumā sākās strauja dabaszinātņu, to skaitā arī fizioloģijas attīstība, kuru noteica sociāli ekonomisko attiecību pārmaiņas, feodālisma bojāeja un kapitālisma attīstība. Šajā laikā visās zinātņu nozarēs sāka plaši lietot eksperimentālās pētišanas metodes.

Par svarīgāko posmu fizioloģijas attīstībā jāuzskata 1628. gads, kad angļu ārsts un fiziologs Viljams Harvejs (1578 ... 1657) atklāja asinsriti. Šis talantīgais zinātnieks, balstoties uz daudziem novērojumiem un mēģinājumiem, radīja objektīvu priekšstatu par asinsriti organismā. Sava lielā atklājuma pamatus Harvejs iztirzāja publicētajā grāmatā «Anatomiskie pētījumi par dzīvnieku sirds un asins kustību». Harveja pētījumi pamudināja revidēt ideālistiskos uzskatus par organisma funkcijām.

Eksperimentālās fizioloģijas tālāku attīstību XVIII gs. un XIX gs. sekmēja ievērojami fizikas un ķīmijas atklājumi, kas deva

iespēju pētīt fizioloģiskās parādības pēc pilnīgākām fizikālās un ķīmiskās pētīšanas metodēm. Sevišķi svarīga nozīme fizioloģijas attīstībā bija organiskās ķīmijas sasniegumiem, šūnu struktūras atklāšanai, M. Lomonosova (1711...1765) atklātajam enerģijas nezūdamības un pārveidošanās likumam un Č. Darvina (1809...1882) mācībai par dzīvnieku un augu sugu izcelšanos un attīstību.

Lielu ieguldījumu fizioloģijas attīstībā XIX gs. deva J. Millers (1801...1858), H. Helmhols (1821...1894), Klods Bernārs (1813...1878), Kārlis Ludvigs (1816...1895), F. Ovsjaņņikovs (1827...1906), N. Vedenskis (1852...1922), V. Daniļevskis (1852...1934), N. Mislavskis (1854...1929), V. Behterevs (1857...1927) un daudzi citi fiziologi. XIX gs. savus darbus izvērsa arī fizioloģijas zinātnes kori-feji I. Sečenovs (1829...1905) un I. Pavlovs (1849...1936).

XIX gs. atklāja galvenās nervu sistēmas darbības likumsakarības, izpētīja svarīgākās aknu, aizkuņģa dziedzera, nieru, iekšējās sekrēcijas dziedzeru, sirds, elpošanas orgānu, muskuļaudu un daudzu citu orgānu un audu funkcijas. XIX gs. beigās sāka pētīt arī vielu maiņas procesus.

XIX gs. fizioloģijā plaši ieviesa ķirurģiskās metodes un līdz ar to sāka ilgstoši pētīt atsevišķu orgānu funkcijas veselā organismā. Eksperimentējot ar izolētiem orgāniem vai to daļām vidē, kurā audi saglabā savas funkcijas, izdevās noskaidrot fizioloģiskās parādības, kas norisinās veselā orgānā, kā arī atsevišķos šūnas struktūrelementos.

XIX gs. fizioloģija, saglabājot ciešus sakarus ar morfoloģiskām zinātnēm — anatomiju un histoloģiju, atdalījās no tām un izveidojās par pilnīgi patstāvīgu zinātni. Daudzus fizioloģijas sasniegumus un fizioloģijas pētīšanas metodes sāka lietot klīniskajā praksē. Tādējādi tika stimulēta daudzu fizioloģisko jautājumu atrisināšana, un rezultātā izveidojās īpaša fizioloģijas nozare — patoloģiskā fizioloģija.

Līdztekus vispārīgās fizioloģijas attīstībai XIX gs. strauji attīstījās arī mājdzīvnieku fizioloģija.

Mājdzīvnieku fizioloģija kā patstāvīga disciplīna sāka attīstīties XVIII gs., kad tika nodibinātas pirmās veterinārās augstskolas. Līdz tam laikam mājdzīvnieku fizioloģija bija salīdzinošās fizioloģijas un zooloģijas nozare.

XIX gs. svarīgu nozīmi ieguva salīdzinošā fizioloģija. Apskatot dažādu dzīvnieku sugu, to skaitā arī bezmugurkaulnieku fizioloģiskos procesus, salīdzinošās fizioloģijas pētījumi palīdzēja veidot organiskās pasaules attīstības materiālistisko koncepciju.

Izcili nopelni fizioloģijas attīstībā XIX gs. bija I. Sečenovam — krievu fizioloģijas tēvam. Pirmo reizi dabaszinātņu vēsturē I. Sečenovs materiālistiski izskaidroja psihisko procesu būtību. Grāmatā «Galvas smadzeņu refleksi», kas iznāca 1863. gadā, viņš

izteica ģeniālu domu, ka visu psihisko procesu pamatā ir refleksu mehānisms.

I. Sečenovs bija talantīgs eksperimentators; viņš radīja daudzās klasiskas fizioloģijas pētīšanas metodes. Sevišķi liela nozīme ir I. Sečenova atklātajam kavējuma procesam centrālajā nervu sistēmā. Šis atklājums radīja pamatu nervu darbības mehānisma zinātniskai izskaidrošanai un bija izejas punkts daudziem turpmākajiem pētījumiem.

I. Sečenova dzīve un darbība bija nesaraucami saistīta ar labāko mūsu zemes zinātnieku darbības un cīņas vēsturi, ar materiālistiskās filozofijas zinātnisku pamatojumu, ar zinātnes un prakses sakara tālāku attīstību. I. Sečenovs ar saviem darbiem grāva reakcionārās pasaules idejiskos uzskatus, atbrīvoja filozofiju no ideālisma.

I. Sečenovs radīja patstāvīgu fizioloģijas skolu, kas pašreiz ieņem vadošo vietu pasaules fizioloģijas zinātnē. I. Sečenova skolnieki bija tādi ievērojami zinātnieki kā N. Vedenskis, I. Tarhanovs, A. Samoilovs, B. Verigo, M. Saterņikovs, V. Pašutins u. c.

Sevišķi liela loma fizioloģijas attīstībā bija ģeniālajam krievu zinātniekam I. Pavlovam, kuram 1935. gadā Starptautiskajā fiziologu kongresā piešķirts tituls «pasaules fiziologu vadonis». I. Pavlovs ar saviem eksperimentālajiem pētījumiem stipri ietekmēja visu fizioloģijas zinātnes attīstības gaitu.

I. Pavlova pasaules uzskats veidojās revolucionāro demokrātu A. Hercena, N. Dobroļubova, N. Cerniševska, V. Beļinska un D. Pisareva progresīvo materiālistisko ideju iespaidā. Ārkārtīgi lielu ietekmi uz I. Pavlovu atstāja I. Sečenova grāmata «Galvas smadzeņu refleksi», kas, pēc I. Pavlova vārdiem, pamudināja viņu nodarboties ar augstākās nervu darbības pētīšanu.

Daudzus gadu desmitus I. Pavlovs pētīja asinsrites, gremošanas un augstākās nervu darbības fizioloģiju.

Raksturīga I. Pavlova zinātnisko pētījumu iezīme ir tā, ka viņš pētīja fizioloģiskos procesus, kas norisinās atsevišķos orgānos vai orgānu sistēmās, kā arī to regulāciju nesaraucamā saistībā ar visu organismu un apkārtējo vidi. Šāda pieeja organisma funkciju noskaidrošanai prasīja speciālus pētīšanas paņēmienus, un I. Pavlovs radīja jaunu pētīšanas metodi — hroniskā eksperimenta metodi, kas deva iespēju pētīt funkciju norises pilnīgi normālā organismā. Visi I. Pavlova pētījumi balstījās uz nervisma principa, t. i., nervu sistēmas vadošās lomas atzīšanas organisma funkciju koordinācijā.

Pateicoties I. Pavlova darbiem gremošanas fizioloģijā, mācība par gremošanu kļuva par vienu no zinātniski vislabāk pamatotajām fizioloģijas nodalām.

Ļoti liels un ārkārtīgi svarīgs I. Pavlova ieguldījums pasaules zinātnē ir viņa mācība par augstāko nervu sistēmas darbību. Iz-mantojot milzīgu eksperimentālo materiālu, I. Pavlovam izdevās atklāt pamatlikumus, kuriem ir pakļauta galvas smadzeņu garozas

darbība. Viņš parādīja, ka ar nosacījuma refleksiem augstākie organismi piemērojas dažādām ārējās vides pārmaiņām.

Izmantojot I. Pavlova mācību par augstāko nervu sistēmas darbību, bija iespējams no dialektiskā materiālisma pozīcijām pētīt tos sarežģītos psihiskos procesus, kurus buržuāziskā zinātne parasti uzskata par nemateriāliem un tāpēc neizdibināmiem. I. Pavlova materiālistiskā mācība par galvas smadzeņu darbību mūsu dienās ir viens no galvenajiem ieročiem cīņā pret ideālismu.

I. Pavlovs, tāpat kā I. Sečenovs, radīja plašu fiziologu skolu. Viņš izaudzināja tādus apdāvinātus fiziologus, lielākos mūsdienu zinātniekus, kā, piemēram, L. Orbēli, K. Bikovu, E. Asratjanu, P. Anohinu u. c. I. Pavlova principi, idejas un pētišanas metodes atstāja lielu ietekmi uz visu fizioloģijas nozaru attīstību. Padomju fiziologi G. Azimovs, I. Barišņikovs, N. Popovs, A. Kudrjavcevs, D. Kriņicins, I. Troickis, A. Siņeščokovs, S. Poltirevs, A. Valdmanis, N. Kurilovs, P. Soldatenkovs, A. Alijevs un citi, balstoties uz I. Pavlova mācību, izpētīja daudzas lauksaimniecības dzīvnieku fizioloģiskās funkcijas un atklāja veselu virkni jaunu fizioloģisku likumsakarību, kam ir svarīga nozīme sociālistiskās lopkopības praksē.

II. Organisma funkciju regulācija

ORGANISMA VIELU UN ENERĢIJAS MAIŅA KĀ GALVENĀ DZĪVĪBAS IZPAUSME

Dzīvības procesu raksturīgākā īpašība ir vielu maiņa, kas vieno organismu ar apkārtējo vidi.

Organisms savām dzīvības norisēm pastāvīgi patērē daudz vielu un enerģijas, kuru atjaunošanai tas uzņem no apkārtējās vides dažādus neorganiskus un organiskus savienojumus. Daļa lielmolekulāru barības sastāvdaļu pēc iepriekšējas pārveidošanas tiek izmantotas nolietoto audu jaunveidei organisma augšanas periodā, t. i., asimilācijai jeb anabolismam. Vienlaikus dzīvajā organismā notiek dažādu saliktu savienojumu noārdīšanās — disimilācija jeb katabolisms. Noārdās gan tie savienojumi, kas organismā nonāk ar barību, gan paša organisma audu un šūnu sastāvdaļas. Salikto organisko savienojumu noārdīšanās gaitā atbrīvojas tajos uzkrātā enerģija, kas daļēji pāriet kinētiskajā enerģijā un tiek izmantota dažādām fizioloģiskām norisēm: skeleta, sirds, gludās muskulatūras darbam, kā arī vielu sintēzei un dziedzru sekretoriskajai darbībai. Tādējādi vielu maiņa ir cieši saistīta ar enerģijas maiņu. Fizioloģiskajās funkcijās patērētās vielas un enerģija dzīvā organismā vienmēr atjaunojas līdz iepriekšējam līmenim. Noārdīšanās procesā sarežģītie ķīmiskie savienojumi pārveidojas vienkāršākās vielās, kas izdalās no organisma apkārtējā vidē. Vielu maiņu pavada nepārtraukti norisošs elpošanas process, t. i., skābekļa uzņemšana un ogļskābās gāzes izdalīšana.

Lai gan asimilācija un disimilācija ir pretēji procesi, tie tomēr nedalāmi saistīti. Šie procesi var būt savstarpēji līdzsvaroti vai arī viens no tiem var būt pārsvarā. Augšanas periodā pārsvarā ir asimilācija, bet, organismam novecojoties, smagā darbā vai arī dažos organisma patoloģiskos stāvokļos (badošanās, drudža u. c.) pārsvarā ir disimilācijas procesi.

UZBUDINĀMĪBA UN UZBUDINĀJUMS

KAIRINĀTĀJI UN UZBUDINĀJUMA RAŠANĀS

Ikviena pietiekami intensīvs kairinājums audos izraisa sarežģītu bioloģisku reakciju — uzbudinājumu. Tas ir sarežģīts fizikālo un ķīmisko procesu komplekss, kas izpaužas ar specifiskām

un nespecifiskām pazīmēm. Uzbudinājuma specifiskā izpausme ir attiecīgiem audiem raksturīgā darbība, piemēram, muskuļaudiem — savilkšanās jeb kontrakcija, dziedzeraudiem — sekrēcija, nerviem — uzbudinājuma vadīšana utt.

Uzbudinājuma nespecifiskās izpausmes ir fizikāli ķīmiskās pārmaiņas, kas rodas uzbudinātā orgānā vai šūnā. Tā, piemēram, strādājošā muskulī pieaug pienskābes un ogļskābes veidošanās intensitāte, pastiprinās siltuma rašanās, rodas elektriskās parādības u. c.

Jāatzīmē, ka ar mūsdienu moderno tehniku iespējams konstatēt tik niecīgas ķīmisko vielu kvantitatīvās pārmaiņas, kas atbilst tūkstošdaļām miligramā — mikrogramiem (μg) un pat simtdaļām mikrograma. Tagad ir iespējams noteikt arī fizioloģisko procesu pārmaiņas laika intervālā, kas atbilst tūkstošai daļai sekundes — milisekundai (ms), temperatūras svārstības grāda miljonās daļās, elektrisko potenciālu starpību volta tūkstošdaļās — milivoltos (mV).

Stāvokli, kad attiecīgajā momentā izpaliek attiecīgajiem audiem vai orgāniem specifiskā funkcija, piemēram, muskuļaudi nekontrahējas, dziedzeraudi neizdala sekretu, sauc par relatīvā jeb fizioloģiskā miera stāvokli.

Kairinātājs var būt jebkurš enerģijas veids, jebkurš ārējās un iekšējās vides faktors. Ārējās vides kairinātāji var būt fizikāli (mehāniski, termiski, gaismas, elektrības) un ķīmiski (skābes, sārmī, garšvielas, smaržvielas utt.). Pie iekšējās vides kairinātājiem pieder asins un limfas ķīmiskā sastāva, kā arī temperatūras, osmotiskā spiediena un citas pārmaiņas.

Izšķir adekvātus un neadekvātus (inadekvātus) kairinātājus. Adevātīe kairinātāji iedarbojas uz organismu dabiskos apstākļos, un to uztveršanai attiecīgie audi ir piemērojušies evolūcijas gaitā. Tādi kairinātāji, piemēram, acs tīkļenei ir gaisma, garšas receptoriem — barības ķīmiskās vielas, muskuļiem — nervu impulsi un acetilholīns, kas rodas nervu galos uzbudinājuma procesa rezultātā.

Neadekvātie kairinātāji arī rada audos uzbudinājumu, bet to uztveršanai attiecīgie audi nav piemērojušies. Tādi kairinātāji, piemēram, muskuļiem un nerviem ir mehānisks kairinājums (spiediens, sitiens, dūriens), elektriskā strāva utt. Fizioloģijas eksperimentos visbiežāk lieto elektrisko strāvu (gan indukcijas, gan faradisko, gan galvanisko jeb līdzstrāvu). Salīdzinājumā ar ķīmiskiem un mehāniskiem kairinātājiem tā ērtāk izmantojama, maz bojā audus un ir viegli dozējama.

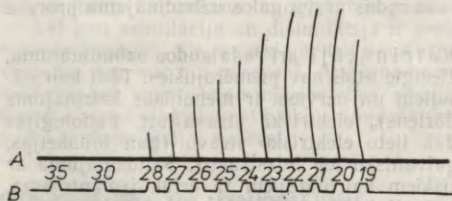
Kairinātāja iedarbību uz audiem sauc par kairinājumu. Lai izraisītu uzbudinājumu, elektriskam kairinātājam jābūt noteikta stipruma un ilguma, turklāt stiprumam strauji jāmainās. Kairinājums rodas tikai strāvas ieslēgšanas vai izslēgšanas momentā.

UZBUDINĀMĪBA

Uzbudināmība, t. i., orgānu un audu spēja kairinājuma ietekmē no fizioloģiskā miera stāvokļa pāriet uzbudinājuma stāvoklī, dažādiem audiem nav vienāda. Bez tam tā mainās līdz ar vielu maiņas intensitāti un audu specifisko funkciju. Uzbudināmību var raksturot kairinājuma sliekšnis, t. i., vismazākais kairinājuma stiprums, kas izraisa pirmo, tikko manāmo atbildes reakciju, piemēram, visvājāko muskuļa kontrakciju. Ja kairinājuma sliekšnis ir zems (uzbudinājumu izraisa pavisam vājš kairinājums), audu uzbudināmība ir augsta — un otrādi. Visus kairinājumus, kuri vājāki par sliekšņa kairinājumu, sauc par zemsliekšņa kairinājumiem. Arī šādi kairinājumi audos rada virkni fizikālu un ķīmisku pārmaiņu. Tomēr zemsliekšņa kairinājuma stiprums nav pietiekams atbildes reakcijas izraisīšanai.

Kairinājumus, kuru stiprums pārsniedz sliekšņa kairinājuma stiprumu, sauc par virssliekšņa kairinājumiem (1. att.). N. Vedenskis virssliekšņa kairinājumus atkarībā no muskuļu kontrakciju īpašībām iedalīja optimālos un pesimālos. Optimāls kairinājums jeb kairinājuma stipruma optimums ir tāds virssliekšņa kairinājums, uz kuru muskulis atbild ar maksimālu kontrakciju un ātru, pilnīgu atslābšanu. Pesimāls kairinājums jeb kairinājuma stipruma pesimums ir tāda stipruma kairinājums, uz kuru muskulis gan atbild ar kontrakciju, bet vairs neatslābst pilnīgi un paliek kontraktūras (ilgstošas, krampjveida, neatgriezeniskas kontrakcijas) stāvoklī. Kairinājuma stipruma un frekvences optimums un pesimums attiecas uz visiem orgāniem.

Kairinājumu, kura stiprums ir pietiekams, lai radītu visstiprāko atbildes reakciju, sauc par maksimālo kairinājumu. Kairinājums, kas ir vājāki, bet tuvi maksimālajam kairinājumam, sauc par submaksimāliem kairinājumiem, bet kairinājumus,



1. att. Atbildes reakcijas efekts atkarībā no kairinājuma stipruma:

A — muskuļa kontrakciju reģistrācija uz kimogrāfa, B — kairinājuma stiprums, kuru izsaka attālumšis starp indukcijas aparāta spolēm centimetros (kairinājuma stiprums pieaug), 35—30 — zemsliekšņa kairinājumi, 28 — kairinājuma sliekšnis, 27—23 — virssliekšņa kairinājumi, 22 — maksimālais kairinājums.

kas ir stiprāki par maksimālo kairinājumu, sauc par supermaksimāliem kairinājumiem.

Lai radītu uzbudinājumu, ir vajadzīgs ne tikai attiecīgs kairinājuma stiprums, bet arī noteikts laiks, kurā šim kairinājumam jāiedarbojas. Ļoti īslaicīgi kairinājumi, lai cik stipra būtu strāva, neizraisa uzbudinājumu. Arī pārāk vāji elektriski kairinājumi, lai arī cik ilgi tie darbojas, neizraisa uzbudinājumu. Visvājākā strāva (līdzstrāva), kas spēj izraisīt nerva vai muskuļa šķiedras uzbudinājumu, ir sliekšņa kairinājums jeb reobāze (L. Lapiks). Laiku, kādā jādarbojas sliekšņa kairinājumam, lai radītu uzbudinājumu, sauc par derīgo laiku. Jo augstāka ir audu uzbudināmība, jo derīgais laiks ir īsāks — un otrādi. Audu uzbudināmības raksturošanai parasti derīgo laiku nelieto, jo tas ir īss un grūti nosakāms. Daudz vieglāk noteikt iedarbības ilgumu kairinājumam, kurš ir divreiz stiprāks par reobāzi. Laiku, kurā, iedarbojoties ar divkārtu reobāzi, izraisa uzbudinājumu, L. Lapiks apzīmē par hronaksiju. Hronaksija ir ļoti īsa, tā nepārsniedz sekundes tūkstošdaļas. Hronaksiju nosaka ar īpašiem aparātiem — hronaksimetriem un apzīmē sekundes tūkstošdaļās jeb milisekundēs (ms), piemēram, vārdes ikru muskuļa hronaksija ir 0,3 ms.

Audiem ar ātru atbildes reakciju, piemēram, motoriem nerviem, skeleta muskuļiem, hronaksija ir īsāka nekā audiem ar lēnu atbildes reakciju, piemēram, gludajiem muskuļiem. Mainoties audu uzbudināmībai, mainās arī hronaksija, piemēram, uzbudināmībai pazeminoties, hronaksija pagarinās — un otrādi.

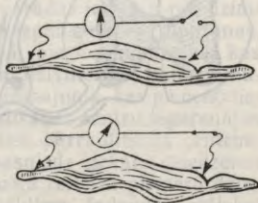
BIOELEKTRISKĀS PARĀDĪBAS AUDOS

Dzīvai, nebojātai šūnai miera stāvoklī ir polarizēta, elektriski uzlādēta membrāna. Tās ārpusē ir lādēta pozitīvi, bet iekšpusē — negatīvi. Potenciālu starpība starp ārējo un iekšējo membrānas virsmu ir 70...90 mV, un to sauc par miera potenciālu jeb miera strāvu.

Ievadot šūnā ultramikroelektrodus (to gala diametrs ir mazāks par mikrometru), konstatēja, ka membrānas potenciāla lielumu nosaka attiecības starp K^+ koncentrāciju šūnas iekšpusē (30 reīžu lielāka) un K^+ koncentrāciju audu šķidrumā.

Bojātu audu apvidus attiecībā pret nebojātu audu apvidu vienmēr ir elektronegatīvs (2. att.).

Uzbudinājuma rašanās un izplatīšanās norisinās ar membrānas depolarizāciju — sprieguma izzušanu kādā vietā. Depolarizētas membrānas



2. att. Bojātu un nebojātu muskuļu apvidu potenciālu starpības («miera strāvas») shēma.

ārējā virsma kļūst negatīva pret polarizētās, vēl neuzbudinātās membrānas ārējo virsmu. Šī depolarizācija izplatās viļņveidīgi pa nervu un muskuļaudiem, un tādējādi izveidojas darbības potenciāls jeb darbības strāvas.

Sūnu membrānas caurlaidība nosaka jonu nevienmērīgo sadali. Sūnu membrānas iekšpusē ir vairāk K^+ un aminoskābju anjonu, bet apkārtējā vidē vairāk Na^+ un Cl^- . Uzbudinājumā palielinās šūnu membrānas caurlaidība un mainās jonu attiecības abās tās pusēs.

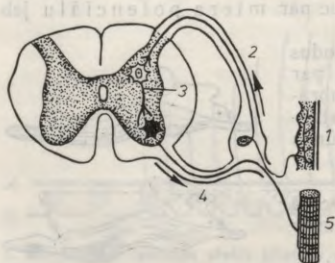
Darbības potenciāla voltāža 1,5...2 reizes pārsniedz miera potenciāla voltāžu (A. Hodžkins un līdzstrādnieki). To izskaidro ar Na^+ jonu koncentrācijas pieaugumu šūnas iekšpusē, jo Na^+ ātrāk pārvietojas caur membrānu (uzbudinājuma laikā tās caurlaidība ir daudz lielāka).

Biostrāvu registrēšanu plaši lieto dažādu orgānu, piemēram, sirds, smadzeņu funkcionālā stāvokļa noteikšanai klinikās. Bioelektrisko strāvu pārmaiņas, kas rodas patoloģiskos gadījumos, dod iespēju noteikt slimības lokalizāciju, tās raksturu utt.

REFLEKSI

Nervu sistēmas pamatfunkcija ir reflekss. Par refleksu (latīniski *reflectere* — vērst atpakaļ, atstarot) sauc jebkuru organisma atbildes reakciju uz ārējās vai iekšējās vides kairinājumu, kas rodas ar centrālās nervu sistēmas līdzdalību. Ikviens reflekss ir visa organisma reakcija, jo tas izpaužas ne tikai, piemēram, vienā vai otrā skeleta muskuļu grupas koncentrācijā, bet saistīts arī ar elpošanas, sirds un citu orgānu darbību.

Refleksa strukturālais pamats ir refleksa loks (3. att.). Refleksa lokā ietilpst pieci elementi.



3. att. Refleksa loka shēma:

1 — receptori, 2 — aferentais neirons, 3 — starpneirons centrālajā nervu sistēmā, 4 — eferentais neirons, 5 — efektor (muskuļšķiedras).

Tas sākas ar kādu receptoru 1, kas uztver kairinātāja iedarbību (latīniski *receptare* — uztvert) un transformē to uzbudinājumā jeb impulsā. Tālāk seko centrites jeb aferentais neirons 2, starpneironi centrālajā nervu sistēmā 3 un tad centrālās jeb eferentais neirons 4, pa kuru impulsi no centrālās nervu sistēmas dodas uz perifēro orgānu. Refleksa loks beidzas ar efektoru jeb orgānu 5, kas izpilda attiecīgo reflektorisko reakciju. Minētā refleksa loka

shēma ir ļoti vienkāršota. Istenībā katrs reflekss ir daudz sarežģītāks akts un tajā piedalās nevis trīs, bet daudz vairāk neironu.

Atkarībā no atrašanās vietas organismā receptorus iedala eksteroreceptoros, kas novietoti ādā vai maņu orgānos, un interoreceptoros, kas atrodas iekšējos orgānos. Receptorus iedala arī atkarībā no kairinātāja veida, kura uztveršanai attiecīgi receptori pielāgojušies. Baroreceptori uztver spiediena kairinājumu, termoreceptori uztver temperatūras pārmaiņas, mehānoreceptori uztver mehāniskus kairinājumus, hemoreceptori uztver ķīmiskus kairinājumus u. c.

Savukārt atkarībā no receptoru lokalizācijas izšķir eksteroreceptīvos refleksus, t. i., refleksus no eksteroreceptoriem, visceroreceptīvos refleksus, t. i., refleksus no iekšējiem orgāniem, un proprioreceptīvos refleksus, kuri rodas muskuļu un stiegru receptoru kairinājuma rezultātā.

Refleksus var klasificēt atkarībā no atbildes reakcijas rakstura. Izšķir kustību, sekretoros un trofiskos refleksus. Pie kustību refleksiem pieder skeleta muskulatūras, sirds, asinsvadu, acu kustību un citi refleksi. Sekretoro refleksu izpausmes veids ir dziedzeru (siekalu, kuņģa, u. c.) sulas atdalīšanās. Trofiskie refleksi izraisa pārmaiņas šūnu vielu maiņā.

Refleksus var klasificēt arī pēc reflektoriskās reakcijas nozīmes, mērķa. Tā, piemēram, izšķir barības refleksus, aizsargrefleksus, orientācijas refleksus, dzimumrefleksus u. c. Barības refleksi saistās ar barības uzņemšanu un sagremošanu (var būt gan mehāniskas, gan sekretoras dabas). Aizsargrefleksiem ir vairākas formas atkarībā no tā, kāds orgāns vai kāda organisma daļa ir apdraudēta, piemēram, sāpīgs ārējs kairinājums rada ekstremitāšu kontrakciju, tā novēršot kairinātāja iedarbību. Orientācijas reflekss izpaužas dzīvnieka galvas kustībā ārējā kairinātāja iedarbības virzienā.

Visus refleksus iedala divās lielās grupās: 1) beznosacījuma jeb iedzimtos un 2) nosacījuma jeb dzīves laikā iegūtos refleksos.

Beznosacījuma refleksi ir izveidojušies un nostiprinājušies evolūcijas gaitā. Daudzi no šiem refleksiem parādās jau tūlīt pēc dzimšanas, tie regulē vienkāršākās dzīvības izpausmes — elpošanas, gremošanas un citu orgānu darbību. Tā, piemēram, barība, kas pirmo reizi iekļūst mutē jaunpiedzimušam dzīvniekam, kairina mutes dobuma receptorus, izraisot tajos uzbudinājumu, kas pa centrālās nerviem tiek novadīts uz siekalu atdalīšanās centru iegarenajās smadzenēs. No šejienes uzbudinājums tiek pārraidīts uz centrālās dzīves sekretorajiem nerviem, pa kuriem sasniedz siekalu dziedzerus un izraisa siekalu sekrēciju. Beznosacījuma refleksi piemēro dzīvnieku sugu noteiktai eksistences apstākļiem. Iedzimtie refleksi nenorisinās vienmēr vienādi, tie mainās gan kvalitatīvi, gan kvantitatīvi atkarībā no kairinājuma un centrālās nervu sistēmas (CNS) funkcionālā stāvokļa. Beznosacījuma refleksi var norisināties bez

galvas smadzeņu lielo pusložu garozas līdzdalības, jo tie ir nervu sistēmas zemāko daļu funkciju izpausme.

Ar beznosacījuma refleksiem organisms spēj pielāgoties apkārtējai videi tikai tad, ja tā ir konstanta, nemainīga. Tomēr apkārtējā vide, kā zināms, pastāvīgi mainās. Tādēļ beznosacījuma refleksi pietiekami nenodrošina organisma eksistenci.

Nosacījuma refleksi. Organisma un apkārtējās vides līdzsvarotā reakcija ir iespējama tikai tad, ja dzīves laikā izstrādājas jauni refleksi, kas nodrošina organisma piemērošanos ārējās vides apstākļiem. So jauno — nosacījuma refleksu veidošanā augstākiem dzīvniekiem un cilvēkam piedalās galvas smadzeņu lielo pusložu garoza. Tādējādi šie refleksi ir augstākās nervu darbības izpausme. Nosacījuma refleksi var izveidoties uz ikviena beznosacījuma refleksa bāzes. Tos parasti izraisa signāli, kas ziņo par kairinājuma tuvošanos. Visdažādākie ārējie kairinātāji — priekšmeta forma, krāsas, skaņas, smaržas utt. — kļūst par nosacījumiem attiecīgiem beznosacījuma kairinātājiem, piemēram, barībai u. c. Lai veidotos nosacījuma refleks, atkārtoti jāsaņem vienā laikā diviem kairinājumiem, pirmkārt, indiferentā — nosacījuma kairinātāja iedarbībai, kas pati par sevi neizraisa attiecīgo reakciju, un, otrkārt, beznosacījuma kairinājumam, t. i., kairinājumam, kas obligāti izraisa attiecīgo reflektorisko reakciju. Nosacījuma un beznosacījuma kairinājumu vienlaicīgas iedarbības rezultātā galvas smadzeņu garozā rodas divi uzbudinājuma apvidi: viens, kas saistās ar indiferento, nosacījuma kairinājumu, un otrs, kurš saistās ar beznosacījuma reflektorisko darbību. Vairākkārt atkārtojot abu kairinājumu kombināciju, starp šiem diviem garozas centriem izveidojas pagaidu sakars (Pavlovs). Kad šis pagaidu sakars izveidojies, tad, uzbudinoties vienam no centriem, uzbudinās arī otrs centrs, kas saistīts ar beznosacījuma reflektorisko reakciju. Tādējādi nosacījuma refleksi izveidojas pakāpeniski uz individuālās pieredzes pamata noteiktos apstākļos (4. att.).

Pētot nosacījuma refleksu veidošanos, I. Citovičs Pavlova laboratorijā izdarīja eksperimentus ar kucēniem, kurus baroja tikai ar pienu. Tikko kucēni ieraudzīja pienu vai saoda tā smaržu, tiem sākas siekalu sekrēcija. Turpretī uz gaļas vai maizes izskatu un smaržu siekalu sekrēcija nebija novērojama, un tā iestājās tikai tad, kad kucēni gaļu vai maizi bija ēduši vairākas reizes. Siekalu izdalīšanās nosacījuma refleks šajā gadījumā radās, izveidojoties pagaidu sakaram starp galvas smadzeņu garozas ožas centru, kurā uzbudinājumu izraisīja barības smaržas iedarbība uz ožas nerva receptoriem, un garozas barības centru, kurā uzbudinājums radās, barībai tieši iedarbojoties uz mutes dobuma receptoriem. Ja šis pagaidu sakars ir izveidojies, tad, uzbudinoties tikai garozas ožas centram, uzbudinājums sāk pāriet arī uz galvas smadzeņu garozas barības centru, no turienes tas nonāk iegarenajās smadzenēs siekalu izdalīšanās centrā. No šī centra impulss pa centrālās nervu sistēmas sasniedz siekalu dziedzerus un izraisa to darbību.

Nosacījuma refleksi ir nepastāvīgi. Tie rodas tikai tad, ja ir attiecīgi nosacījumi, un izzūd, mainoties apstākļiem, kuros tie radušies.

Ja noteikti ārējie apstākļi paliek nemainīgi vairāku paaudžu laikā, tad nosacījuma refleksi ar iedzimtību var pārvērsties beznosacījuma refleksos. Saskaņā ar I. Pavlova mācību visa augstākā nervu darbība summējas no daudziem nosacījuma refleksiem. Arī dzīvnieku dresūras pamatā ir nosacījuma refleksi. Dzīvniekiem, kuriem nav galvas smadzeņu lielo pusložu, nosacījuma refleksi veidojas ar centrālās nervu sistēmas zemāko veidojumu līdzdalību. Abiniekiem un zivīm var veidoties nosacījuma refleksi ar iegareno smadzeņu un vidussmadzeņu darbības starpniecību. Arī bezmugurkaulniekiem, piemēram, posmkājiem, var veidoties nosacījuma refleksi ar ķermeņa priekšējās daļas gangliju starpniecību. Tomēr šo dzīvnieku, kā arī zemāko mugurkaulnieku dzīvē iedzimtajiem refleksiem ir relatīvi lielāka nozīme nekā augstāko dzīvnieku dzīvē.



4. att. Nosacījuma refleksa veidošanās shēma:

A — siekalu atdalīšanās beznosacījuma refleksa shēma, B — barības nosacījuma refleksa (uz gaismu), 1 — aferentais ceļš, 2 — siekalu atdalīšanās centrs iegarenajās smadzenēs, 3 — eferentais ceļš, 4 — siekalu dziedzeris, 5 — uzbudinājuma apvidus galvas smadzeņu garozā, 6 — aferentais ceļš (redzes nervs), 7 — galvas smadzeņu garozas centrs. Ar punktiņu līniju apzīmēts radies pagaidu sakars smadzenēs.

ORGANISMA FUNKCIJU HUMORĀLĀ REGULĀCIJA

Svarīgs organisma funkciju koordinācijas mehānisms ir humorālā (latīniski *humor* — šķidrums) regulācija. Te galvenā nozīme ir iekšējās sekrēcijas dziedzeriem (hipofīzei, vairogdziedzerim, aizkuņģa dziedzerim, virsnierēm u. c.), kas izdala bioloģiski aktīvas vielas — *hormonus* (grieķiski *hormaein* — uzbudināt, iekustināt). Šīs vielas, cirkulējot organismā ar asinīm un limfu, piedalās orgānu un audu funkciju regulācijā.

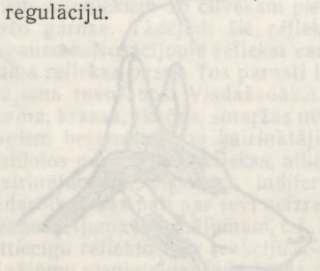
Bēz tam vielu maiņas procesos organismā rodas ķīmiskas vielas, kas ar asinīm un limfu nokļūst dažādos orgānos un ietekmē to darbību. Tā, piemēram, muskuļu kontrakciju laikā tajos veidojas

histamīns, kas nokļūst asinīs un paplašina kapilārus. Asinsvadu paplašināšanās rezultātā muskuļos nokļūst vairāk asiņu. Humorālie faktori regulē vielu pāreju no iekšējās vides šūnās, fermentu aktivitāti u. c. Zemāk attīstīto dzīvnieku organisma šūnu un orgānu funkciju regulēšanā un to darbības saskaņošanā humorālajiem faktoriem ir galvenā nozīme.

Humorālā regulācija cieši saistās ar neirālo regulāciju. Hormoni un citas aktīvās vielas iedarbojas uz nervu sistēmu, mainot tās funkcionālo stāvokli. Savukārt humorālā regulācija ir pakļauta nervu sistēmas ietekmei, veidojot ar to vienotu neurohumorālo regulāciju.

ORGANISMA FUNKCIU HUMORĀLAJĀ REGULĀCIJA

Humorālā regulācija ir saistīta ar neirālo regulāciju. Hormoni un citas aktīvās vielas iedarbojas uz nervu sistēmu, mainot tās funkcionālo stāvokli. Savukārt humorālā regulācija ir pakļauta nervu sistēmas ietekmei, veidojot ar to vienotu neurohumorālo regulāciju.



1971
VIA LETA LATAVIA
VALSTI BIBLIOTEKA
78-11-111

2. Izdevums, Rīga, 1971

III. Gremošana

Par gremošanu sauc fizioloģisku procesu, kurā uzņemtā barība fizikāli un ķīmiski pārmainās un uzsūcas asinis un limfā. Pēc savas būtības gremošanas process ir vielu maiņas sākuma etaps.

GREMOŠANAS UZDEVUMS

Barības olbaltumvielas, ogļhidrātus un taukus kā lielmolekulāros savienojumus nepārmainītā veidā organisms nespēj asimilēt, jo tiem ir citādas īpašības un citāda ķīmiskā struktūra nekā organisma audiem. Tikai ūdens, minerālsāļi un daži vienkāršie organiskie savienojumi nepārmainījušies pāriet no gremošanas trakta asinis un limfā. Ja barības vielas ievada tieši asinis, tad organisma šūnas tās parasti neizmanto un organisms pret tām izturas kā pret svešķermeņiem. (Organisma barošanai asinīs var ievadīt tikai ķīmiski tirus preparātus ar mazu molekulasu.)

Gremošanas traktā barības vielas sašķeļas sastāvdaļās: olbaltumvielas — līdz aminoskābēm, ogļhidrāti (polisaharīdi, disaharīdi) — līdz monosaharīdiem, bet tauki — līdz glicerīnam un taukskābēm. Šie barības vielu sadalīšanās produkti pa lielākai daļai viegli šķīst ūdenī, tādēļ tie ātri uzsūcas asinis vai limfā un organisma audi tos var izmantot gan kā enerģētisko, gan arī kā plastisko (audu un šūnu uzbūves) materiālu. No barības vielu sadalīšanās produktiem organismā no jauna veidojas lielmolekulāri savienojumi (olbaltumvielas, tauki un ogļhidrāti), kuriem ir jau citāda, attiecīgam organismam īpatnēja ķīmiska struktūra.

Gremošanas traktā barības vielas pārmainās mehānisko, ķīmisko un bioloģisko faktoru iedarbībā. Mehāniski barību pārstrādā gremošanas trakta muskulatūra, kuras darbības rezultātā barība tiek sasmalcināta, saberzta un samaisīta ar gremošanas sulām. Ķīmiskā barības pārstrāde notiek gremošanas sulu un pašas barības fermentu ietekmē. Gandrīz visi gremošanas fermenti pieskaitāmi pie hidrolāzēm, kuras veic barības vielu (olbaltumvielu, ogļhidrātu un tauku) šķeļšanu, pievienojot ūdeņraža un

hidroksila jonus. Ķīmiskā barības pārstrādē piedalās arī pašas barības fermenti, kuru sevišķi daudz ir svaigos augu valsts barības līdzekļos.

Greimošanas fermentus iedala 3 grupās: 1) amilolītiskos fermentos — amilāzēs, kas sašķel ogļhidrātus; 2) proteolītiskos fermentos — proteāzēs, kas sašķel olbaltumvielas, un 3) lipolītiskos fermentos — lipāzēs, kas sašķel taukus.

Bioloģiskā barības pārveidošana notiek greimošanas trakta mikroorganismu (baktēriju un infuzoriju) ietekmē. Greimošanas trakta baktēriju izdalītie fermenti sekmē barības vielu sadalīšanos, bet infuzorijas, kas lielā skaitā mitinās zālēdāju greimošanas traktā, palīdz barību sasmalcināt un samaisīt. Sevišķi svarīga loma barības bioloģiskai pārveidošanai ir zālēdāju greimošanas traktā, piemēram, kokšķiedru sašķel tikai baktēriju (*Bact. cellulosae*) izdalītais ferments celulāze, kas sadala celulozi disaharīdā — celobiozē. Celobioze savukārt sašķeļas divās glikozes molekulās.

Sakarā ar to, ka lauksaimniecības dzīvnieki uzņem ļoti daudz barības, piemēram, augstazīga govys diennakti apēd vairāk par 100 kg barības, to organismā notiek ļoti intensīvi greimošanas procesi.

GREIMOŠANAS ORGĀNU UN FUNKCIJU FILOĢENĒZE

Dažādās evolūcijas stadijās greimošanas process norisinās dažādi, pie tam izšķir divus šī procesa pamattipus — intracelulāro un ekstracelulāro greimošanu.

Intracelulārā greimošana, ko 1877. gadā atklājis I. Mečņikovs, ir visiem viensūņiem un dažiem zemākajiem daudzšūnu dzīvniekiem, kuriem šūna no apkārtnes vides aktīvi uzņem barību un sagremo to savā citoplazmā. Intracelulāro greimošanu ļoti labi var novērot amēbai. Amēba ar izvirsītājam citoplazmas daļām — pseidopodijām aptver barības daļiņas un ievieļ tās šūnā. Šūnā ap satverto barības daļiņu izveidojas neliels dobums — greimošanas vakuola, kurā fermentu (hidrolāzu) ietekmē notiek barības sagremošana. Fermenti vakuolā iekļūst no šūnas citoplazmas. Sagremotā barība no vakuolas uzsūcas atpakaļ citoplazmā. Šūnai kustoties, vakuola nepārtraukti pārvietojas. Ja vakuola nokļūst šūnas virspusē, tās saturs kopā ar nesagremotajām barības atliekām izdalās uz āru.

Barības daļiņas amēba var uzņemt ar visu šūnas virsmu. Augstāk diferencētiem viensūņiem, piemēram, infuzorijai, barības daļiņas iekļūst tikai caur noteiktu citoplazmas apvidu — mutes padziļinājumu, kur tad arī izveidojas greimošanas vakuola.

Intracelulārā greimošana ir arī daudziem zemākajiem daudzšūnu dzīvniekiem, piemēram, zarndobumainiem, gliemjiem, adatādaiņiem un zemākajiem tārpiem. Šiem dzīvniekiem greimošanas process notiek ārpus šūnas, piemēram, zarndobumaino dzīvnieku greimošanas dobumā ir speciālas dziedzeršūnas, kas izdala fermentus

Gremošanas trakta dažādu nodalījumu tilpums un relatīvais garums

Dzīvnieks	Gremošanas trakta nodalījums	Tilpums		Attiecība starp ķermeņa un gremošanas trakta garumu
		relatīvais (%)	vidējais absolūtais (l)	
Aita un kaza	Spureklis	59,9	23,4	1 : 27
	Aceknis	4,5	2,0	
	Grāmatnieks	2,0	0,9	
	Glumenieks	7,5	3,3	
	Tievās zarnas	20,4	9,0	
	Aklā zarna	2,3	1,0	
	Loka un taisnā zarna	10,4	4,6	
			44,2	
Goys	Kuņģis	70,0	252,50	1 : 20
	Tievās zarnas	18,5	66,00	
	Aklā zarna	2,8	9,90	
	Loka un taisnā zarna	7,9	28,00	
			356,40	
Cūka	Kuņģis	29,2	8,00	1 : 14
	Tievās zarnas	33,5	9,20	
	Aklā zarna	5,6	1,55	
	Loka un taisnā zarna	31,7	8,7	
			27,45	
Zirgs	Kuņģis	8,5	17,96	1 : 12
	Tievās zarnas	30,2	63,82	
	Aklā zarna	15,9	33,54	
	Lielā loka zarna	38,4	81,25	
	Mazā loka zarna un taisnā zarna	7,0	14,77	
			211,34	
Suns	Kuņģis	62,3	4,33	1 : 6
	Tievās zarnas	23,3	1,62	
	Aklā zarna	1,3	0,09	
	Loka un taisnā zarna	13,1	0,91	
			6,95	
Kaķis	Kuņģis	69,5	0,341	1 : 4
	Tievās zarnas	14,6	0,114	
	Resnās zarnas	15,9	0,124	
			0,579	

un gļotas. Zarndobumaiņu gremošanas dobumā nokļuvušās barības daļiņas pielīp pie gļotām un daļēji tiek sagremotas. Pussagremoto barību satver citas gremošanas dobuma sienas šūnas un sagremoto vakuolās. Zarndobumaiņiem un daudziem citiem zemākajiem dzīvniekiem gremošanas process norisinās divās fāzēs, t. i., sākumā ekstracelulāri un pēc tam intracelulāri.

Ekstracelulārā gremošana. Jo augstāka ir organisma attīstības pakāpe, jo lielāka nozīme ir ekstracelulārajai gremošanai. Mugurkaulniekiem gremošanas process norisinās jau pilnīgi ekstracelulāri gremošanas trakta kanālā.

Dažām šūnām intracelulārās gremošanas spējas saglabājas visās dzīvnieku valsts attīstības pakāpēs. Tādas šūnas ir leukocīti. Leukocītu intracelulārai gremošanai — fagocitozei — tomēr nav vairs tās bioloģiskās nozīmes, kāda ir amēbai un zemāko daudzšūnu dzīvnieku gremošanas dobuma šūnām. Leukocītu, kā arī dažu citu šūnu fagocitārajai funkcijai augstāko dzīvnieku organismā ir tikai aizsargnozīme.

Gremošanas trakta attīstība dzīvnieku filogēzes procesā notika atkarībā no barības veida un dzīves apstākļiem. Zālēdājiem dzīvniekiem gremošanas trakts ir ievērojami garāks par gaļēdāju dzīvnieku gremošanas traktu. Augu valsts barības līdzekļi satur mazāk barības vielu nekā dzīvnieku valsts barības līdzekļi, tādēļ zālēdājiem ir jāuzņem un gremošanas traktā jāpārstrādā daudz vairāk barības nekā gaļēdājiem (1. tabula).

Gremošanas trakta uzbūve var stipri mainīties arī dzīvnieku individuālās dzīves laikā. Tā, piemēram, teļiem, kuriem izēdina daudz rupjās un sulīgās barības, gremošanas trakts, it īpaši priekškuņģi un resnās zarnas, attīstās daudz spēcīgāk nekā tāda paša vecuma teļiem, kuri saņem maz tilpumainās barības.

IZSALKUMS UN SLĀPES

Izsalkuma sajūtu un ar to saistīto pastiprināto ēstgribu nosaka pārmaiņas starpsmadzeņu nervu centru funkcijās. Attiecīgo starpsmadzeņu apvidu var uzbudināt kā aferentie impulsi, kurus rada pastiprinātās periodiskās tukšā kuņģa un tievo zarnu kontrakcijas, tā arī izmaiņas asins fizikāli ķīmiskajās īpašībās, piemēram, paaugstināta ūdeņraža jonu koncentrācija, samazināts glikozes daudzums un citas izmaiņas, kas rodas, ja ilgāku laiku netiek uzņemta barība.

Ja dzīvnieks slimo ar neirozēm, cukura diabētu un Bazedova slimību vai arī tam ir paātrināta kuņģa satura evakuācija, tad rodas neapmierināms izsalkums — bulīmija. Pavājināta ēstgriba — anoreksija novērojama infekciju slimību, gastroenterītu, avitaminožu un dažu citu slimību gadījumos.

Slāpju sajūta rodas, ja dzīvnieks uzņem nepietiekamā daudzumā ūdeni vai arī pārmērīgi to izvada no organisma. Sevišķi stipri

tā izteikta, ja dzīvnieks uzņem daudz nātrija hlorīda vai arī ja organisms tiek atūdeņots sakarā ar svišanu, vemšanu, caureju, asins zudumu, kā arī ar pastiprinātu urīna atdalīšanos (poliūriju). Pastiprināta slāpju sajūta — polidipsija kā patoloģiska parādība novērojama tad, ja ir cukura un bezcukura diabēts. Slāpju sajūtas rašanās ir saistīta ar asins, audu šķidrums un šūnu koloīdu fizikāli ķīmiskām pārmaiņām (sk. «Udens maiņas regulācija» 178. lpp.).

GREMOŠANA MUTES DOBUMĀ

Augstākajiem dzīvniekiem un cilvēkam barības pārstrāde sākas mutes dobumā, kur ar zobiem barību mehāniski sasmalcina un sašlapina ar siekalām. Mutes dobumā barība kairina taktilos un garšas receptorus, bet gaisa straume, plūstot no mutes un rīkles dobumiem caur rīkles un deguna eju uz deguna dobumu, kairina arī deguna dobumā novietotos ožas receptorus. Bez tam uzņemtā barība mutes dobumā var radīt siltuma un aukstuma, kā arī sāpju sajūtu. Līdz ar to mutes dobumā notiek savdabīgs barības derīguma vai nederīguma pārbaudes process, kura rezultātā mutes dobumā nokļuvusi barība tiek vai nu pieņemta, t. i., sakošļāta un norīta, vai arī noraidīta, t. i., izmesta no mutes.

Sakarā ar mutes dobuma receptoru kairinājumu rodas vairākas reflektoriskas reakcijas, kuras sagatavo gremošanas traktu uzņemtās barības pārstrādei. Tā, piemēram, pēc mutes dobuma receptoru kairināšanas pastiprinās siekalu, kuņģa, aizkuņģa un zarnu dziedzeru sekrēcija un gremošanas trakta motorika.

Barības uzņemšanas laikā paaugstinās asinsspiediens, pastiprinās elpošana un pieaug vielu maiņas intensitāte; tas norāda, ka mutes dobuma receptoru uzbudinājums, kas rodas ēšanas laikā, izplatās pa visu nervu sistēmu.

Siekalām iedarbojoties, dažiem dzīvniekiem un cilvēkam mutes dobumā sākas arī barības ķīmiskā pārstrāde.

BARĪBAS UZŅEMŠANA UN KOŠĻŠANA

Dažādu sugu dzīvnieki barību uzņem dažādi. Zirgi, aitas un kazas zāli satver un noplūc ar lūpām un priekšzobiem. Sienu, graudus un putrveidīgu barību minētie dzīvnieki satver ar lūpām un daļēji arī ar mēli. Govis barību satver galvenokārt ar mēli, kas pārklāta ar asām, pārragotām un rīkles dobuma virzienā vērstām kārpīnām. Isas zāles noplūkšanai govīs izmanto arī lūpas un priekšzobus. Arī cūkas barību uzņem galvenokārt ar mēli. Zāli cūkas plūc ar priekšzobiem. Gaļēdāji barību satver ar priekšzobiem un ilknēm. Udeni un šķidro barību gaļēdāji uzņem ar mēli. Pārējie dzīvnieki ūdeni un šķidro barību mutes dobumā iesūc caur izveidoto mutes

spraugu. Lai dzīvnieks mutes dobumā iesūktu šķidrumu, tam nedaudz uz leju jānolaiž apakšžoklis un vienlaicīgi atpakaļ jāatvelk mēle.

Arī jaundzimušo dzīvnieku zišanas laikā notiek ritmiska apakšžokļa un mēles stāvokļa maiņa. Negatīvais spiediens, kas mutes dobumā rodas, apakšžoklim nolaižoties uz leju un mēlei atvelkoties atpakaļ, nodrošina piena iesūkšanu no pupa mutē. Zišana ir reflektorisks akts, kas rodas lūpu receptoru kairinājuma rezultātā.

Mutes dobumā uzņemto barību dzīvnieks ar zobiem un mēli siberž un sasmalcina. Košļājot barība labi sajaucas ar siekalām un izveidojas kumoss, kas mucina ietekmē kļūst glums un viegli norijams. Barības košļāšana ir komplicēts košļāšanas akts, kas notiek, darbojoties košļāšanas muskuļiem (*m. masseter*, *m. pterygoideus lateralis et medialis*, *m. temporalis*), kā arī vaigu un mēles muskuļiem.

Zirgi un cūkas barību košļā ilgi un rūpīgi. Atgremotāji uzņemto barību sakošļā pavirši un ātri norij, bet pēc attiecīga laika tie kumosu atgremo un rūpīgi sakošļā. Gaļēdāji barību norij gadrīz nesa-košļātu.

Barību košļājot, mute ir aizvērta, tādēļ barība no tās neizkrīt. Atgremotāji, it īpaši govīs, kam barības košļāšanas laikā mute ir vaļā, galvu tur horizontāli.

Sakarā ar īpatnējo žokļu uzbūvi un to īpatnējo savstarpējo novietojumu zirgi un atgremotāji barību košļā pārmaiņus tikai vienā mutes dobuma pusē. Zirgs vienā mutes dobuma pusē barību košļā caurmērā 40 minūtes (dažreiz līdz 3 stundas).

Sulīgo, kā arī samitrināto barību dzīvnieks apēd ievērojami ātrāk nekā sauso barību, piemēram, zirgs 1 kg sausa siena apēd 30 minūtēs, bet 1 kg samitrināta siena — 17 minūtēs.

Būtībā barības košļāšana ir sarežģīts reflektorisks akts, kas rodas, barībai kairinot mutes dobuma receptorus: impulsi no mutes dobuma receptoriem pa trīszaru nerva (*n. trigeminus*) otro un trešo atzarojumu, t. i., pa augšžokļa nervu (*n. maxillaris*) un apakšžokļa nervu (*n. mandibularis*) nokļūst iegarenajās smadzenēs novietotajā košļāšanas centrā, kura darbība ir pakļauta galvas smadzeņu garozas impulsu tiešai ietekmei. Pa augšžokļa un apakšžokļa nerviem tiek novadīti arī eferentie impulsi uz košļāšanas muskuļiem. Bez tam košļāšanas muskuļu eferento inervāciju veic arī papildu nervs (*n. accessorius*).

SIEKALU SEKRĒCIJA

Siekalas izdala 3 pāri lielo siekalu dziedzeru — apakšžokļa (*glandulae mandibularis*), zem mēles (*glandulae sublingualis*) un pieauss dziedzeri (*glandulae parotis*). To izvadi atveras mutes dobumā. Bez šiem lielajiem siekalu dziedzeriem ir daudz sīku dziedzeru, kas izkaisīti pa visu mutes dobuma gļotādu.

Siekalu dziedzeros izšķir serozās šūnas, kas ražo šķidrās, olbaltumvielām un sāļiem bagātas serozās siekalas, un gļotšūnas, kas izdala biezu, staipīgu, ar mucīnu bagātu sekrētu. Pieauss dziedzeris, kā arī dziedzeri, kas atrodas uz mēles sānu virsmas, veidoti tikai no serozām šūnām (serozie dziedzeri). Sīkie dziedzeri, kas novietoti uz mēles gala un uz cietajām un mikstajām aukslējām, sastāv tikai no gļotšūnām (gļotdziedzeri). Apakšžokļa un zemmēles siekalu dziedzeri, kā arī dziedzeri, kas atrodas vaigu un lūpu gļotādā, sastāv no serozām šūnām un no gļotšūnām (jauktie dziedzeri).

Siekalu īpašības, sastāvs un fizioloģiskā nozīme

Lauksaimniecības dzīvniekiem siekalas ir staipīgs, viegli opalescējošs un nedaudz putojošs šķidrums. Siekalu konsistence var būt dažāda: no šķidrās, ūdeņainas līdz viskozai, biežām gļotām līdzīgai. Šķidrās siekalas ir bezkrāsainas, caurspīdīgas, bet gļotainās — duļķainas.

Siekalu viskozitāti nosaka galvenokārt mucīns (īpaša siekalu olbaltumviela — glikoproteīds), kas piešķir siekalām savdabīgu gļotainu konsistenci.

Siekalu blīvums ir 1,002...1,009. To reakcija mājdzīvniekiem ir sārmaina. Atgremotājiem siekalu pH ir 8...10 (vidēji 8,1...8,5), zirgiem — 7,2...7,8 (ēdot sienu) un 7,6...8,8 (ēdot auzas), cūkām — 7,2...7,6 un suņiem — 7,5...7,8. Siekalu sārmainums atkarīgs galvenokārt no hidrogēnkarbonātu satura siekalās.

Atgremotājiem siekalu sārmainā reakcija ir priekšnoteikums normālu bioķīmisko procesu uzturēšanai priekškuņģos. Govīm diennaktī ar siekalām izdalās 300...350 g, bet aitām — 110...170 g hidrogēnkarbonātu, kas neitralizē barības rūgšanas procesos radušās gaistošās taukskābes, piemēram, etiķskābi, propionskābi, sviestskābi.

Zirga siekalās ir vidēji 99,4% ūdens un 0,6% sausnes. Govs siekalās ir 0,8...0,9% sausnes, bet suņa siekalās — 0,4...0,6% sausnes. No siekalu sausnes $\frac{2}{3}$ sastāda neorganiskie un $\frac{1}{3}$ — organiskie savienojumi. No neorganiskajiem savienojumiem siekalās galvenokārt ir kālija, nātrijs, kalcija un magnija fosfāti, karbonāti, sulfāti, kā arī kālija un nātrijs hlorīdi. Necīgā daudzumā (0,01%) tajās ir sastopami rodanūdeņražskābes (HSCN) sāļi, piemēram, kālija rodanīds (KSCN). Relatīvi daudz siekalās ir gāzu (skābeklis, slāpeklis, it īpaši ogļskābā gāze). Siekalu organiskie savienojumi ir olbaltumvielas (mucīns, globulīni, albumīni), aminoskābes, urīnviela, urīnskābe, kreatinīns un daži citi vielu maiņas produkti, kā arī fermenti — amilāze (ptialīns jeb siekalu diastāze) un maltāze.

Amilāze pārvērš cieti dekstrīnos (sevišķi viegli tā iedarbojas uz vārītu cieti) un tos savukārt disaharīdā — maltozē, kas maltāzes ietekmē sašķeļas divās glikozes molekulās. Šo amilolītisko fermentu visvairāk ir cilvēka siekalās; zirga un atgremotāju siekalās parastos ēdināšanas apstākļos šo fermentu ir 14 reizes mazāk nekā cūkas siekalās un 1400 reizes mazāk nekā cilvēka siekalās (S. Afonskis).

Bez amilolītiskiem fermentiem siekalāsniecīgā daudzumā ir proteolītiskie un lipolītiskie fermenti, kā arī oksidāzes un peroksidāzes. Bez tam siekalās atrodas īpaša baktericīda viela — lizozīms.

Siekalu sekrēcijai ir arī ekskretora nozīme. Tā, piemēram, paaugstinoties asinīs nātrija hlorīda saturam, nātrija hlorīds pastiprināti sāk izdalīties ar siekalām un tā koncentrācija siekalās var palielināties pat desmitkārt. Izvadot no organisma sārmaino vielu pārpalikumus, siekalu sekrēcija palīdz uzturēt asinīs pastāvīgu reakciju. Savukārt siekalu sārmainās vielas neitralizē sālskābes pārpalikumu kuņģa sulā. Ar siekalām no organisma izdalās arī dažas ārstnieciskas vielas, piemēram, jodīdi, dzīvsudraba un svina savienojumi, kā arī alkaloidi (morfīns, hinīns).

Siekalas, izšķīdinot barības vielu sastāvdaļas, nodrošina barības garšas noteikšanu, jo garšas receptorus uzbudina tikai izšķīdinātās vielas.

Dažiem dzīvniekiem siekalu sekrēcija saistīta ar termoregulāciju (sk. «Ķermeņa temperatūras regulācija» 227. lpp.).

Siekalu īpašības un to daudzums ir atkarīgs no dzīvnieku sugas, barības fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, barības košļāšanas ilguma, ūdens uzņemšanas un citiem faktoriem. Sausas un sīki samalcinātas barības uzņemšanas laikā atdalās daudz siekalu. Pastiprināta siekalu atdalīšanās novērojama arī tad, ja mutes dobumā nokļūst stipri kairinošas vielas, piemēram, sālskābe. Sajā gadījumā siekalas izpilda aizsargfunkciju, atšķaidot kairinošo vielu un sekmējot tās izvadīšanu no mutes dobuma.

Parastos ēdināšanas apstākļos govij diennakti izdalās 50...60 l, aītai — 16 l, cūkai — 15 l un zirgam — vidēji 40 l siekalu.

Siekalu sekrēcijas pētīšanas metodes

Siekalu sekrēcijas dinamikas pētīšanai un tīrā sekrēta iegūšanai atsevišķi no katra siekalu dziedzera lieto I. Pavlova laboratorijā izstrādāto siekalu dziedzeru hroniskās fistulas operācijas metodi. Narkotizētam sunim atpreparē siekalu dziedzera izvadū kopā ar gabaliņu mutes dobuma gļotādas, kur atveras siekalu dziedzera izvadkanāls. Pēc tam pārgriež vaigu un izgriezt mutes dobuma gļotādas gabaliņu kopā ar izvadkanāla atveri izvelk caur griezumu vaiga ārpusē un piešuj pie vaiga ādas. Dažu dienu laikā pēc operācijas brūce sadzīst, un siekalas netraucēti izdalās

5. att. Suns ar pieauss siekalu dziedzera fistulu. Uz ārpusi izvadītā izvadkanāla atveres apvidū piestiprināta piltuve ar mēģeni siekalu savākšanai.



caur izvadkanālu. Šādi operēti dzīvnieki nodzīvo vairākus gadus un ir pilnīgi veseli. Pirms eksperimenta šādam sunim pie vaiga ādas siekalu dziedzera izvadkanāla atveres vietā piestiprina īpašu piltuvi, kurai piekar mēģeni iztecējušo siekalu savākšanai (5. att.).

Pieauss siekalu dziedzera fistulas operācija zirgiem, govīm un cūkām ir nedaudz savādāka nekā sunim. So dzīvnieku siekalu dziedzera izvadkanālam piekļūst no ārpusē, pārgriežot vaiga ādu gremošanas muskuļa (*m. masseter*) priekšējā malā. (Pieauss siekalu dziedzera izvads zirgiem, govīm un cūkām atrodas tieši zem vaiga ādas.) Sameklē pieauss siekalu dziedzera izvadku, pārgriež to un tā centrālo galu izvelk uz ārpusi un piešuj pie vaiga ādas.

Sakarā ar to, ka atgremotājiem un zirgiem pieauss siekalu dziedzeri izdala ļoti daudz siekalu, šiem dzīvniekiem ieteicams taisīt otru fistulu, pa kuru eksperimentu starplaikos siekalas no ārpusē izvadītā izvadkanāla varētu ievadīt atpakaļ mutes dobumā.

Siekalu sekrēcijas regulācija

Siekalu sekrēcijas regulācija barības uzņemšanas laikā notiek reflektoriski. Barība kairina mutes dobumā un mēles gļotādā novietotos jušanas nervu galus (receptorus). Radies uzbudinājums pa aferentajiem nerviem (*n. lingualis*, *n. glossopharyngeus*, *n. laryngeus cranialis*) nokļūst siekalu izdalīšanās centrā (iegarenajās smadzenēs), no turienes pa eferentajiem (sekretoriem) nerviem nonāk siekalu dziedzeros un izraisa pastiprinātu siekalu sekrēciju, kas iestājas 1...3 sekundes pēc mutes dobuma un mēles gļotādas receptoru kairināšanas sākuma. Šāda siekalu sekrēcijas regulācija ir iedzimta (beznosacījuma). Siekalu izdalīšanās beznosacījuma refleksi ir ļoti pastāvīgi, un tie vienmēr rodas kā atbilde uz attiecīgiem mutes dobuma kairinājumiem.

Bez tam siekalu izdalīšanos reflektoriski ietekmē arī citu gremošanas trakta daļu — galvenokārt kuņģa un zarnu gļotādas kairinājumi. Visāda veida kuņģa un zarnu sāpju gadījumā parasti

novērojama arī pastiprināta siekalu izdalīšanās. Noskaidrots, ka siekalu pastiprinātu izdalīšanos (it īpaši gaļēdājiem) izraisa, kairinot ādā novietotos siltuma un sāpju receptorus.

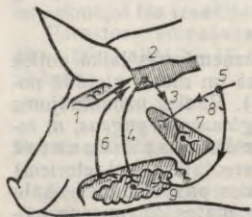
Siekalu dziedzeru sekrēciju ierosina kā simpātiskie, tā parasimpātiskie nervi. Siekalu dziedzeru simpātiskās nervu šķiedras sākas muguras smadzenēs 2...4. krūšu skriemeļu apvidū un, izejot cauri kranijālajam kakla ganglijam (*ganglion cervicale craniale*), nokļūst siekalu dziedzeros. Siekalu dziedzeru parasimpātiskās nervu šķiedras iziet no galvas smadzenēm sejas nerva (*n. facialis*) un mēles—riekles nerva (*n. glossopharyngeus*) sastāvā. Apakšžokļa un zemmēles siekalu dziedzeri parasimpātiskās nervu šķiedras saņem no sejas nerva atzarojuma — bungstīgas (*chorda tympani*), bet pieauss siekalu dziedzeri parasimpātiskās nervu šķiedras nokļūst mēles—riekles nerva atzarojuma — ausu—deniņu nerva (*n. auriculotemporalis*) sastāvā (6. att.).

Kairinot siekalu dziedzeru simpātiskās nervu šķiedras, piemēram, ar elektrisko strāvu akūtā eksperimenta laikā, sašaurinās siekalu dziedzeru asinsvadi un siekalu dziedzeru apgāde ar asinīm samazinās 3...4 reizes; siekalu sekrēcija ir ļoti niecīga, izdalījušās siekalas ir biezas un satur daudz organisko vielu, bet maz minerālsāļu. Savukārt, kairinot parasimpātiskās nervu šķiedras, paplašinās siekalu dziedzeru asinsvadi un siekalu dziedzeru apgāde ar asinīm palielinās 4...5 reizes. Pie tam izdalās ļoti daudz siekalu, bet tās ir šķidrās, ūdeņainas (sausnes saturs tajās nepārsniedz 1...1,5%).

Pēc siekalu dziedzeru sekretoro nervu pārgriešanas izbeidzas reflektoriska siekalu izdalīšanās.

Siekalu dziedzeru sekretorie nervi — kā simpātiskie, tā arī parasimpātiskie — satur atsevišķas, trofiskās nervu šķiedras, kas regulē siekalu dziedzeru intracelulāro vielu maiņu.

Siekalu izdalīšanās reflekss var iestāties arī tādu kairinātāju ietekmē, kuri neiedarbojas tieši uz mutes dobuma receptoriem, bet kuri tikai signalizē par beznosacījuma kairinātāja tuvošanos, t. i., pastiprinātu siekalu sekrēciju var izraisīt barības izskats, smarža, dzīvnieku barotāja parādīšanās, trauku šķindoņa, no kuriem dzīvnieks saņem barību, un citi faktori, kas darbojas jau pirms barības saņemšanas. Cilvēkam atšķirībā no dzīvniekiem pastiprināta siekalu izdalīšanās iestājas, ne tikai redzot uzturu vai saozot tā smaržu, bet arī runājot par ēšanu un pat iedomājoties par to.



6. att. Siekalu dziedzeru inervācijas shēma:

1 — galvas smadzeņu garoza, 2 — siekalu izdalīšanās centrs, 3 — mēles—riekles nervs, 4 — bungstīga, 5 — kakla kranijālais simpātiskais ganglijs, 6 — mēles nervs (*n. lingualis*), 7 — pieauss siekalu dziedzeris, 8 — simpātiskā nerva šķiedras, 9 — epakšžokļa siekalu dziedzeris.

Tas rāda, ka siekalu izdalīšanos regulē arī nosacījuma refleksi. Sajā gadījumā izveidojas sakars starp attiecīgiem galvas smadzeņu garozas centriem, kas uzbudinās, piemēram, redzot vai saožot barību, un iegareno smadzeņu siekalu izdalīšanās centru. Siekalu izdalīšanās nosacījuma refleksi, tāpat kā visi citi nosacījuma refleksi, veidojas katra organisma individuālās dzīves laikā. Sunim, kurš nekad nav ēdis gaļu, to ieraugot un pat apostot, nepastiprinās siekalu sekrēcija. Ja suns gaļu apēd tikai vienu reizi, tad gaļas izskats un smarža ierosina siekalu pastiprinātu izdalīšanos (I. Citovičs).

Nosacījuma reflektoriskā siekalu izdalīšanās var iestāties arī tādu kairinātāju ietekmē, kuri parastajos apstākļos nav saistīti ar barības uzņemšanu, t. i., indiferentu kairinātāju ietekmē. Ja barošanas laikā iededzina spuldzi vai pazvana ar zvanu, tad pēc vairākiem šādiem mēģinājumiem spuldzes iedegšana vai zvana skaņa vien izraisa siekalu pastiprinātu sekrēciju. Dzīvniekam izveidojas mākslīgais siekalu izdalīšanās nosacījuma refleksi. Savukārt siekalu izdalīšanās nosacījuma refleksi, kuri izveidojas uz barības izskatu, smaržu un citiem kairinātājiem, kas parasti ir saistīti ar barību, sauc par dabiskiem siekalu izdalīšanās nosacījuma refleksiem.

Siekalām, kas izdalās nosacījuma kairinātāju ietekmē, sastāvs ir līdzīgs to siekalu sastāvam, kas izdalās, ja kairina mutes dobuma receptorus.

Plēsīgiem zvēriem, kas ilgstoši izseko savu medījumu, nav dabisko siekalu izdalīšanās nosacījuma refleksu. Tas tādēļ, ka barības (medījuma) ieraudzīšana vai saošana šiem dzīvniekiem bieži vien nesakrīt ar barības uzņemšanu un laiks, kāds paiet no barības ieraudzīšanas vai saošanas līdz tās uzņemšanai, ir ļoti dažāds. Turpretī savvaļā dzīvojošo plēsīgo zvēru mazuļiem, kuri laupījumu vēl nav medijuši, dabiskie siekalu izdalīšanās nosacījuma refleksi ir izteikti.

Siekalu dziedzeru sekretoro funkciju var ietekmēt arī dažas ķīmiskas vielas, kuras siekalu dziedzeros nokļūst ar asinīm. Humorālie kairinātāji uz siekalu dziedzeriem iedarbojas caur siekalu dziedzeru sekretoro nervu galiem. Tā daži alkaloīdi (pilocarpīns, fizostigmīns, muskarīns, morfīns), uzbudinot siekalu dziedzeru parasimpātiskos nervus, ierosina siekalu pastiprinātu sekrēciju — hipersalivāciju. Savukārt atropīns, kas izslēdz siekalu dziedzeru parasimpātisko nervāciju, izraisa siekalu sekrēcijas pavājināšanos — hiposalivāciju. Līdzīgi kā parasimpātiskie nervi uz siekalu dziedzeriem iedarbojas acetilholīns, bet līdzīgi kā simpātiskie nervi — simpatīns, adrenalīns un simpatomimetīns. Siekalu dziedzeru uzbudinājumu var radīt arī ogļskābes koncentrācijas pieaugums asinīs (nosmokot), kā arī dažas indes. Sajā gadījumā asinīs iekļuvušie ķīmiskie kairinātāji iedarbojas ne tikai uz siekalu dziedzeru sekretoro nervu galiem, bet uzbudina arī siekalu izdalīšanās centru.

Siekalu veidošanās mehānisms

Siekalu sekrēciju agrāk uzskatīja par šķidrums filtrāciju no asinīm, kas norisinās caur siekalu dziedzeršūnām asinsspiediena ietekmē. Šādu siekalu veidošanās teoriju izvirzīja, pamatojoties uz to, ka siekalu dziedzeru pastiprinātas darbības laikā palielinās asins pieplūdums siekalu dziedzeriem un paaugstinās arī asinsspiediens siekalu dziedzeru artērijās.

Šī teorija izrādījās nepareiza. Turpmākajos eksperimentos tika noskaidrots, ka siekalu sekrēcija norisinās arī tad, ja asinsspiediens artērijā, kura pievada siekalu dziedzerim asinis, kļūst zemāks par spiedienu siekalu dziedzeru izvadkanālā. Tas, bez šaubām, liecina, ka siekalu sekrēcija nav uzskatāma par šķidrums filtrāciju no asinīm.

Tagad izpētīts, ka siekalu sekrēcija ir aktīvs, siekalu dziedzeršūnām īpatnējs process. Intensīvas darbības laikā siekalu dziedzeršūnas patērē vairāk skābekļa un izdala arī vairāk ogļskābās gāzes (apmēram 3...4 reizes vairāk) nekā miera stāvoklī. Ja pastiprinās siekalu sekrēcija, tad siekalu dziedzeros pastiprinās siltuma ražošana un samazinās dziedzeru masa. Izmeklējot siekalu dziedzeršūnas mikroskopiski, iespējams noskaidrot, ka siekalu dziedzeršūnu sekrēts veidojas šūnu citoplazmā sīku granulu (sekrēta graudiņu) veidā. Siekalu dziedzeru darbības laikā granulas nokļūst siekalu dziedzeru alveolu dobumos, tur saplūst kopā un veido sekrēta pilienus.

Pētījumos noskaidrots, ka siekalu dziedzeru sekretoro nervu uzbudinājuma laikā siekalu dziedzeros veidojas īpaša viela, kas stimulē siekalu dziedzeršūnu darbību un šūnās izraisa dažādas ķīmiskas pārvērtības. Jādomā, ka šī viela ir acetilholīns vai arī acetilholīnam līdzīgs savienojums.

Nervu impulsi, kas siekalu dziedzeriem pienāk pa sekretorajiem nerviem, izraisa arī siekalu dziedzeru kontraktīlo elementu uzbudinājumu. Šo elementu kontrakcijas palīdz izspiest sekrētu no siekalu dziedzeršūnām.

Siekalu sekrēcijas īpatnības dažādu sugu dzīvniekiem

Siekalu sekrēcija atgremotājiem. Pieauss siekalu dziedzeru sekrēcija atgremotājiem notiek nepārtraukti. Barības uzņemšanas un atgremošanas laikā tā pastiprinās. Apakšžokļa un zemmēles siekalu dziedzeri siekalas izdala tikai barības uzņemšanas laikā.

Atgremotājiem, tāpat kā citiem dzīvniekiem, uzņemot sausu barību, siekalu izdalās vairāk, nekā uzņemot samitrinātu vai sulīgu barību. Tā, piemēram, eksperimentāli novērots, ka govij, ja tā apēd 200 g sausu kliju, no pieauss siekalu dziedzeru izdalās 180 ml siekalu, bet no apakšžokļa siekalu dziedzeru — 93 ml siekalu. Ja govij

izēdina tādā pašā daudzumā samitrinātas klijas, tad no pieauss siekalu dziedzera izdalās 80 ml un no apakšzokļa dziedzera — 43 ml siekalu (D. Kriņicins).

Atgremotāju siekalām ir sārmaina reakcija (pH 8...10), tādēļ tās labi neitralizē gaistošās taukskābes, kas rūgšanas procesā nepārtraukti rodas priekškuņģos. Sakarā ar to, ka kuņģī intensīvi veidojas gaistošās taukskābes, priekškuņģa himusa reakcijai vienmēr ir tendence novirzīties uz skābo pusi, bet skāba vide nav labvēlīga mikroorganismu (baktēriju un infuzoriju) attīstībai un darbībai. Mikroorganismu normālai darbībai priekškuņģos ir nepieciešama arī stipri mitra vide, ko palīdz uzturēt siekalas, nonākot lielā daudzumā priekškuņģos.

Atgremotājiem pieauss siekalu dziedzeru nepārtrauktu sekrēciju reflektoriski regulē priekškuņģu sienās esošie baroreceptori un hemoreceptori, kurus kairina paaugstināts spiediens un gaistošās taukskābes. Kairinājumu ietekmē impulsi pa aferentajiem nerviem nonāk iegarenajās smadzenēs (siekalu izdalīšanās centrā), no turienes pa eferentajiem nerviem dodas uz pieauss siekalu dziedzeriem. Eksperimentāli spurekli (*rumen*) var ievadīt attiecīgu daudzumu gaistošu taukskābju, piemēram, etiķskābi. Abos gadījumos sakarā ar pastiprinātu baroreceptoru vai hemoreceptoru kairināšanu manāmi pieaug pieauss siekalu dziedzeru sekrēcija.

Teļiem piena izēdināšanas periodā, kad priekškuņģi tiem vēl nefunkcionē, pieauss siekalu dziedzeru sekrēcija ir ļoti niecīga un norisinās tikai piena uzņemšanas laikā. Līdz ar sulīgās un rupjās barības izēdināšanu sāk funkcionēt priekškuņģi un pastiprināti darboties arī pieauss siekalu dziedzeri. Sajā laikā siekalu dziedzeri izdala ievērojami vairāk un sārmainākas siekalas nekā piena izēdināšanas periodā.

Siekalu sekrēcija teļiem piena izēdināšanas periodā ir atkarīga no piena izdzirdināšanas veida. Ja teļiem pienu izdzirdina lēnām, tad piens labi sajaucas ar siekalām un kuņģī rodas irdens, labi sagremojams piena receklis. Turpretī, ja pienu izdzirdina ātri (no spaiņa), tad izdalās relatīvi maz siekalu, tādēļ kuņģī izveidojas blīvs, slikti sagremojams piena receklis un rezultātā var iestāties gremošanas traucējumi.

Aitām un kazām siekalu sekrēcijas mehānisms ir tāds pats kā govīm.

Siekalu sekrēcija cūkām. Siekalu sekrēcija cūkām norisinās tikai barības uzņemšanas laikā. Līdzīgi kā govīm, arī cūkām, ēdot sausu un rupju barību, siekalu izdalās vairāk, nekā ēdot sulīgo barību un zaļbarību. Ja cūkas uzņem šķidru barību, tad siekalas tām neizdalās nemaz vai arī izdalās niecīgā daudzumā.

Siekalu sekrēcija suņiem. No lielajiem siekalu dziedzeriem suņiem siekalas izdalās tikai ēšanas laikā, bet mutes dobuma sīkie siekalu dziedzeri siekalas izdala nepārtraukti. Suņiem ļoti viegli izveidojas nosacījuma reflektoriska siekalu izdalīšanās. Suņu siekalas nesatur

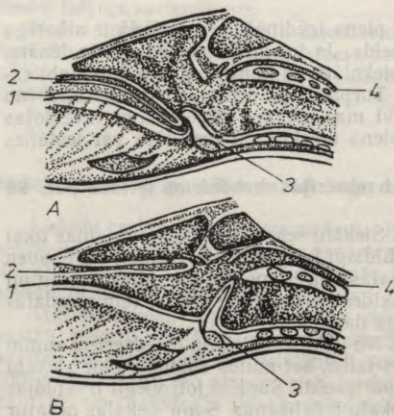
fermentos. Literatūrā tomēr ir norādījumi, ka, suņiem ilgstoši izēdinot barību, kas satur daudz ogļhidrātu, to siekalās parādās amilāze un maltāze.

RĪŠANA

Vaigu un mēles kustību ietekmē sakošļātā un ar siekalām saslapinātā barība pārvēršas kumosā. Kontrahējoties mēles priekšējai daļai, mēle piespiež barības kumosu pie cietajām aukslējām un ar sekojošu mēles vidējās daļas kontrakciju to iebīda rīklē.

Barības kumosā kairina mīksto aukslēju receptorus, tādēļ reflektoriski kontrahējas muskuļi, kas paceļ mīkstās aukslējas. Tās noslēdz abas hoānas (rīkles savienojumu ar deguna dobumu) un neļauj barībai iekļūt deguna dobumā. Tajā momentā, kad mēles sakne barības kumosu iebīda rīklē, mēles sakne spiež uz uzbalсени un noslēdz ieeju balsenē. Mēles kaula un balsenes pacelšanu uz augšu un līdz ar to balsenes ieejas noslēgšanu veic aukslēju muskuļi (*m. palatinus*), mēles kaula muskuļi (*m. stylohyoideus*) un divvēderiņu muskuļi (*m. digastricus*).

Rīšana ir komplicēts reflektorisks akts, jo tajā piedalās daudzi muskuļi, kuru darbība ir stingri saskaņota. Barības norīšanas pirmā fāzē, kad barības kumosā pārvietojas pa cietajām un mīkstajām aukslējām, ir pakļauta gribas impulsiem, bet rīšanas otrā fāzē, kas iestājas, barības kumosam nokļūstot aiz mīksto aukslēju lokiem, notiek neapzināti (automātiski), t. i., bez galvas smadzeņu garozas līdzdalības (7. att.).



7. att. Rīšanas akta shematiskais attēlojums (pēc N. Popova):

A — rīkle miera stāvoklī, B — rīkle rīšanas akta laikā, 1 — mutes dobums, 2 — mīkstās aukslējas, 3 — uzbalсениs, 4 — barības vads.

Rikles dobumā nokļuvušais barības kumoss mehāniski kairina rīkles gļotādu un izraisa reflektorisku rīkles gludās muskulatūras kontrakciju, kas iespējē barības kumosu barības vadā. Darbojoties aukšlēju muskuļiem (*m. palatinus*) un spārnveida muskulim (*m. pterygoideus*), rīšanas momentā barības ieeja piltuvveidīgi paplašinās un izvirzās uz priekšu. Rīklē iekļuvušajai barībai atpakaļceļu mutes dobumā noslēdz uz augšu paceltā mēles sakne.

Rīšanas kustība nav iespējama, ja mutes dobumā nav barības vai siekalu. Par to var pārliecināties, izdarot pēc kārtas vairākas rīšanas kustības: pirmā rīšanas kustība norisinās viegli, jo mutes dobumā vienmēr ir nedaudz siekalu, kas, nokļūstot rīkles dobumā, kairina rīkles gļotādu un ar to reflektoriski izraisa rīšanas aktu, turpreti turpmākās rīšanas kustības neizdodas, jo nav siekalu. Bez tam, kā zināms, rīšana nav iespējama pēc rīkles dobuma gļotādas ieziešanas ar anestezējošām vielām (novokainu, kokainu), kas izslēdz rīkles gļotādas receptoru jutību. Rīšana nav iespējama arī pēc rīkles jušanas nervu pārgriešanas.

Rīšanas refleksa aferentie impulsi uz rīšanas centru nokļūst pa trīszaru nervu (*n. trigeminus*) un pa mēles—rīkles nervu (*n. glossopharyngeus*). Rīšanas centrs atrodas iegarenajās smadzenēs (ceturtajā smadzeņu dobumā) un ir saistīts ar visiem nervu centriem, kas regulē gremošanas procesu. Sakarā ar to rīšanas centra uzbudinājums pastiprina siekalu, kuņģa sulas un citu gremošanas sekrētu izdalīšanos, kā arī gremošanas trakta peristaltiku. Bez tam rīšanas centram ir sakars ar elpošanas un sirdsdarbības regulācijas centriem. Ar to arī izskaidrojamas pārmaiņas elpošanā un sirdsdarbībā rīšanas laikā: katras rīšanas kustības laikā uz brīdi tiek pārtraukta elpošana un nedaudz pieaug sirds kontrakciju frekvence.

Rīšanas refleksa eferentie impulsi izplatās pa trīszaru nervu, zemmēles nervu (*n. hypoglossus*) un papildu nerviem (*n. accessorius spinalis*, *n. accessorius vagi*), kas inervē apakšžokļa un mēles kaula muskuļi (*m. mylohyoideus*), kā arī mēles, rīkles un balsenes muskuļus.

Rīšanas akts ilgst 0,3...0,5 s (skaitot rīšanas akta ilgumu pēc apakšžokļa un mēles kaula muskuļa kontrakcijas ilguma).

Zirgs 15 minūtēs, ja tam ir neliela ēstgriba, norij 10...14 barības kumosu, kuri sver 20...100 g katrs, bet, ja ēstgriba laba, tad šajā laikā norij apmēram 30 kumosu. Dzerot ūdeni, zirgs 1 minūtē var izdarīt 60...70 rīšanas kustību, norijot katrā rīšanas aktā 150...300 ml šķidrums, t. i., 1 minūtē zirgs var izdzert 1...2 spaiņus ūdens.

Ja rīšanas reflektoriskā darbība ir traucēta, piemēram, paralizēti rīšanas muskuļi, tad barības kumoss rīšanas laikā var nokļūt elpošanas ceļos un tos inficēt, rezultātā var iestāties aspirācijas pneimonija un plaušu gangrēna. Dažu infekcijas slimību (stinguma krampju, trakumsērgas) gadījumā rīšanas muskuļu spazmas dēļ rīšana vispār kļūst neiespējama.

BARĪBAS PĀRVIETOŠANĀS PA BARĪBAS VADU

Pēc barības nokļūšanas barības vada sākuma posmā iestājas peristaltiskas barības vada muskulatūras kontrakcijas, kas barību bīda uz kuņģi. Par peristaltiskām gremošanas trakta kontrakcijām sauc tādas kontrakcijas, kad vienlaikus ar kāda segmenta gredzenveidīgu savilkšanos zemāk esošajā apvidū atslābst muskulatūra, kurā tad pārvietojas barība. Barības vada sākuma posmā peristaltiskas kontrakcijas viļņa pārvietošanās ātrums ir 35...40 cm/s (zirgam). Peristaltiskās kontrakcijas vilnis iziet cauri visam barības vadam un līdz ar to pārvieto arī barības kumosu.

Barības vada peristaltika ir reflektorisks akts, kuru izraisa rīšanas kustības. Ieliekot barību pārgrieztā barības vadā, barības pārvietošanās pa to sākas tikai tad, ja notikusi rīšanas kustība.

Cieta barība no rīkles dobuma līdz kuņģim nokļūst 7...9 s, bet šķidra barība — 1...3 s. Šķidrās barības rīšanas kustības seko nepārtraukti cita citai, piemēram, dzerot ūdeni, tādēļ barības vads visu laiku ir atslābis, un sakarā ar šķidruma spiedienu rīkles dobumā un šķidrums smaguma spēku šķidrums strūkļa pa to tek nepārtraukti.

Barības vada beigu daļā (kardijas slēdzēja tuvumā) barības kumosos kairina šeit atrodošos receptorus un līdz ar to reflektoriski izraisa kardijas slēdzēja atslābumu. Kardijas slēdzējs atveras un barība iekļūst kuņģī. Uz stipriem barības vada beigu daļas receptoru kairinājumiem, piemēram, ja norīts ļoti liels barības kumos vai ja tiek norita ļoti rupja un slikti sakošļāta barība, kardijas slēdzējs reaģē ar krampjveidīgu kontrakciju, kas pāriet tikai pēc noteikta laika.

Barības vadu invē parasimpātiskās un simpātiskās nervu šķiedras. Kairinot parasimpātiskās nervu šķiedras, pastiprinās barības vada muskulatūras kontrakcijas, bet, ja šīs šķiedras pārgriež, tad iestājas daļēja barības vada kustību paralīze.

GREMOŠANAS PROCESI KUŅĢĪ

Gremošanas procesu norises kuņģī dažādu sugu dzīvniekiem ir īpatnējas; tās atkarīgas no kuņģa uzbūves un barības rakstura.

Kuņģa sulas sekrēcijas pētīšanas metodes

Gremošanas procesu pētīšanai sāka pētīt jau XVIII gs., bet līdz pat XIX gs. vidum šo procesu pētīšanas metodes bija ļoti primitīvas. Tā, piemēram, tai laikā plaši lietotās vivisekcijas (akūtā eksperimenta) metode nedeva iespēju iegūt pareizu priekšstatu par kuņģa sulas sekrēciju un gremošanas procesu norisi kuņģī. Arī

ar barības vielām piepildīto kapsulu ievadišana kuņģī, kuras pēc tam vilka laukā un analizēja to saturu, maz sekmēja kuņģa sulas sekrēcijas mehānisma noskaidrošanu.

Interesanti, lai gan tikai gadījuma rakstura, pētījumi kuņģa sulas sekrēcijas noskaidrošanai bija izdarīti cilvēkiem, kuriem sakarā ar ievainojumu bija izveidojusies kuņģa fistula un pa to izdalījās kuņģa sula. Šis apstāklis ierosināja taisīt kuņģa fistulas operāciju dzīvniekiem.

1842. gadā krievu ķirurgs V. Basovs pirmo reizi narkotizētām sunim atvēra vēdera dobumu, izvilka kuņģi caur operācijas brūci, kuņģi ievadīja metāla caurulīti un nostiprināja ar īpašām šuvēm, cieši savelkot ap caurulīti kuņģa sienu. Caur šo fistulu jebkurā laikā varēja iegūt kuņģa saturu. Mēģinājumu starplaikos fistulas caurulīti noslēdza ar aizbāzni, lai neizkristu kuņģa saturs.

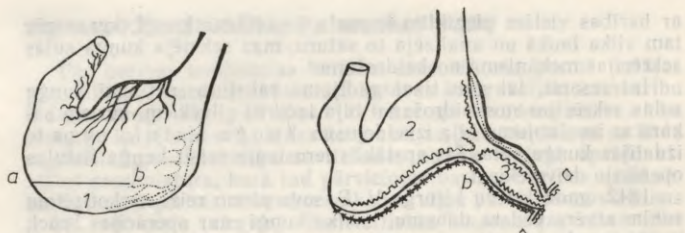
Caur šādu kuņģa fistulu tomēr nevarēja iegūt tīru kuņģa sulu un pētīt kuņģa sulas sekrēciju dinamiku, jo kuņģa sula vienmēr bija sajaukta ar barību un siekalām. Lai iegūtu tīru kuņģa sulu un lai noskaidrotu kuņģa sulas sekrēciju, I. Pavlovs (1889) līdztekus kuņģa fistulas operācijai izdarīja papildu operāciju — ezofagotomiju, kakla apvidū dzīvniekam pārgriežot barības vadu un abus pārgrieztā barības vada galus iešujot ādas brūcē. Šajā gadījumā barība pēc norišanas nenonāk kuņģī, bet izkrīt pa barības vada atveri. Šādu barošanu I. Pavlovs nosauca par šķietamo barošanu (8. att.).

Ezofagotomētie dzīvnieki nodzīvo dažus gadus. Tiem pa fistulu kuņģī ieliek viņu pašu sakošļāto barību.

Šķietamā barošana izraisa intensīvu kuņģa sulas sekrēciju. Kuņģa sula, kas šajā gadījumā izdalās caur kuņģa fistulu, ir pilnīgi tīra. Lai pētītu kuņģa sulas sekrēcijas gaitu normālos apstākļos, vācu zinātnieks R. Heidenhains (1878) izveidoja izolēto mazo kuņģīti. Šo R. Heidenhaina izolētā mazā kuņģīša operācijas metodi, kurai bija būtiski trūkumi, papildināja I. Pavlovs (1897), izstrādājot jaunu izolētā mazā kuņģīša operācijas metodi. Atšķirībā no R. Heidenhaina I. Pavlovs, izveidojot izolēto mazo kuņģīti, nepārgrieza nervu šķiedras, saglabājot tādējādi izolētā mazā kuņģīša nervu sakaru ar lielo kuņģi (9. att.).



8. att. Šķietamās barošanas shematisks attēlojums. (Suns ar kuņģa fistulu un pārgrieztu barības vadu.)



9. aff. Izolētā mazā kuņģīša operācijas shēma (pēc I. Pavlova):

ab — griezuma līnija, 1 — kuņģa sienas daļa, no kuras izveido mazo kuņģīti, 2 — lielais kuņģis, 3 — izolētais mazais kuņģītis.

Kuņģa sulas sekrēcija pēc I. Pavlova metodes izveidotajā mazajā kuņģītī norisinās pilnīgi normāli — atbilstoši kuņģa sulas sekrēcijai lielajā kuņģī. I. Pavlova proponētā izolētā mazā kuņģīša operācija ir vispilnīgākā kuņģa sulas sekrēcijas pētīšanas metode, un to tagad plaši lieto fizioloģijas laboratorijās.

Kuņģa sulas sastāvs un īpašības

Kuņģa sula ir bezkrāsains, caurspīdīgs (dažreiz nedaudz blāvs) šķidrums ar skābu reakciju. Kuņģa pamata (*fundus*) daļas dziedzeru sekrēta pH govīm ir 2,17...3,14, teļiem — 2,5...3,4, putniem — 3,80, zirgiem — 1,2...3,1, suņiem — 1,5...2,0. Diennaktī izdalītās kuņģa sulas daudzums dažādu sugu dzīvniekiem ir dažāds. Tā, piemēram, sunim diennaktī izdalās 2...3 l, aītai — apmēram 4 l, bet zirgam — >30 l kuņģa sulas.

Kuņģa sula satur olbaltumvielas — globulīnus, albumīnus un glikoproteīdu mucīnu; fermentus — pepsīnu, himozīnu, lipāzi; skābes — sālsskābi, pienskābi, etiķskābi, sviestskābi; nātrija, kālija, magnija hlorīdus, fosfātus, karbonātus un sulfātus. Bez tam kuņģa sulā nelielā daudzumā atrodas arī glikoze, kreatīns, histamīns, urīnviela un urīnskābe. Sausnes saturs kuņģa sulā sastāda 0,4...0,8%. Fizioloģiskā ziņā vissvarīgākie kuņģa sulas komponenti ir fermenti — pepsīns, himozīns un lipāze, kā arī sālsskābe.

Pepsīns ir proteolītisks ferments, kas sašķeļ olbaltumvielas līdz albumozēm un peptoniem. Tas hidrolizē gandrīz visas olbaltumvielas, izņemot keratīnu, mucīnu un ovomukoīdus. Pepsīns neiedarbojas arī uz protamīniem un olbaltumvielu hidrolīzes produktiem ar mazu molekulasu. Kuņģa dziedzeri pepsīnu izdala neaktīvā pepsinogēna veidā, kas sālsskābes ietekmē pārvēršas aktīvā formā (pepsīnā). Pepsinogēna pārvēršanu pepsīnā var veikt arī citas skābes. (Pepsinogēna pārvēršanās pepsīnā notiek vidē, kuras

reakcija ir mazāka par pH 4.) Pepsīna darbībai optimālā reakcija ir pH 2,23. Pepsīna saturs kuņģa sulā ir atkarīgs galvenokārt no uzņemtās barības rakstura.

Katepsīns, kas arī atrodas kuņģa sulā, nodrošina proteolīzi vāji skābā vidē (pH 4...5). Visvairāk šī fermenta ir jauno dzīvnieku kuņģa sulā. Tāpēc arī jaunlopi piena izēdināšanas periodā, neskatoties uz zemu sālsskābes saturu kuņģa sulā un pepsīna vāju darbību, spēj sagremot olbaltumvielas. Pieaugušiem dzīvniekiem kuņģa sulas katepsīns ir gandrīz neaktīvs.

Himozīns sarecina piena kazeinogēnu — pārvērš to kazeinā, kas, savienojoties ar kalciju, izkrīt nogulsnēs un veido piena recekli. Himozīns darbojas skābā, neitrālā un vāji sārmainā vidē. Ļoti daudz himozīna (vairāk nekā pepsīna) ir jauniem dzīvniekiem, it sevišķi tiem piena izēdināšanas periodā, tādēļ šo fermentu bieži sauc par glumenieka fermentu. Piena sarecēšanai kuņģī ir ļoti svarīga nozīme, jo piena olbaltumvielas denaturējas un tās vieglāk sašķel pepsīns.

Lipāze sašķel taukus taukskābēs un glicerīnā. Šis ferments darbojas galvenokārt uz emulgētiem taukiem, piemēram, uz piena taukiem. Kuņģa sulas lipāzes darbības optimālā reakcija ir pH 4...5. Visaktīvākā kuņģa sulas lipāzes darbība novērojama jauniem dzīvniekiem piena izēdināšanas periodā; pieaugušiem dzīvniekiem tās daudzums kuņģa sulā ir niecīgs un aktivitāte ļoti vāja. Jāatzīmē, ka kuņģī var darboties arī no zarnām nokļuvušie lipolītiskie fermenti.

Sālsskābe kuņģa sulā atrodas daļēji brīvā, daļēji saistītā veidā ar barības organiskām vielām (galvenokārt ar olbaltumvielām) un kuņģa glotām. Sālsskābes koncentrācija kuņģa sulā dažādu sugu dzīvniekiem ir dažāda: govīm — 0,1...0,25%, zirgiem — 0,1...0,3%, aītām — 0,1...0,15%, cūkām — 0,3...0,4%, suņiem — 0,5...0,6%, putniem — 0,1...0,3%. Bez pepsinogēna aktivizēšanas sālsskābe paātrina olbaltumvielu, it īpaši saistaudu kolagēna un fibrīna uzbriešanu, tādējādi veicinot to fermentatīvo noārdīšanos. Bez tam sālsskābe sekmē dažu barības sāļu, piemēram, kalcija fosfātu un komplekso dzelzs savienojumu šķīšanu. Svarīga nozīme ir arī sālsskābes baktericīdajam īpašībām, jo tā pasargā zarnu traktu no dažiem patogēnajiem mikroorganismiem. Sālsskābes trūkumu kuņģa sulā apzīmē par ahlorhidriju, tās paaugstinātu koncentrāciju — par hiperhlorhidriju un samazinātu saturu — par hipohlorhidriju.

Kuņģa vārtņieka (*pylorus*) daļas dziedzeru sekretam atšķirībā no *fundus* daļas kuņģa sulas sālsskābes trūkuma dēļ ir bāziska reakcija (pH 7,8...8,4). *Pylorus* daļas kuņģa sula satur tādus pašus fermentus kā *fundus* daļas kuņģa sula, tikai mazākā daudzumā, un to sagremošanas spēja ir mazāka. *Pylorus* daļas kuņģa sulas pepsīns ir neaktīvs un sāk darboties, ja tam piekļūst sālsskābe vai arī kāda cita skābe. Visintensīvāk tā darbība noris 0,1% sālsskābē. *Pylorus* daļas kuņģa sulas pepsīns iedarbojas galvenokārt uz saistaudu olbaltumvielām.

Kaut gan kuņģa sulai piemīt proteolītiska darbība, tomēr kuņģa sienas pašsagremošana normālos fizioloģiskos apstākļos nenotiek. Daži uzskata, ka to aizkavē gļotas, kas pārklāj kuņģa gļotādu, kā arī kuņģa sienā cirkulējošo asiņu sārmainā reakcija, kas traucē pepsīna darbību. Savukārt citi domā, ka kuņģa gļotāda ražo īpašu fermentu — antipepsīnu, kas nomāc pepsīna darbību. Vairums zinātnieku tomēr uzskata, ka kuņģa sienas pašsagremošanās normālos fizioloģiskos apstākļos nenotiek tādēļ, ka dzīvo šūnu vielām ir tāda struktūra, uz ko gremošanas fermenti neiedarbojas.

Kuņģa sulas sekrēcijas regulācija

Kuņģa sulas atdališanās noris divās fāzēs — reflektoriskajā un neirāli ķīmiskajā.

Kuņģa sulas sekrēcijas reflektoriskā regulācija. Kuņģa sulas sekrēcijas reflektoriskā fāze iestājas, barībai kairinot mutes un rīkles dobuma receptorus, kā arī nosacījuma kairinātāju (barības smaržas, barības izskata u. c.) ietekmē. Tā sunim šķietamās barošanas gadījumā, neskatoties uz to, ka barība kuņģī nenonāk, kuņģa sulas sekrēcija iestājas dažas minūtes pēc barošanas sākuma (latentais periods). Lielam sunim šķietamās barošanas laikā caur kuņģa fistulu izdalās apmēram 1 l tīras kuņģa sulas. Reflektoriskā kuņģa sulas sekrēcijas fāze ilgst parasti 1...2 stundas (arī tajā gadījumā, kad šķietamās barošanas ilgums nepārsniedz 2...3 minūtes).

Kuņģa sulas atdališanās, kas iestājas mutes un rīkles dobuma receptoru kairināšanas rezultātā, ir beznosacījuma reflektorisks akts. Uzbudinājuma impulsi, kas rodas, barībai kairinot mutes un rīkles dobuma receptorus, pa aferentajām nervu šķiedrām (*n. lingualis*, *n. glossopharyngeus*, *n. laryngeus cranialis* u. c.) nokļūst iegarenajās smadzenēs kuņģa sulas sekrēcijas centrā, no kurienes pa parasimpātiskajām klejotājnerva (*n. vagus*) šķiedrām nonāk kuņģa dziedzeros, izraisot to darbību. Tādējādi klejotājnervs ir kuņģa dziedzeru sekretorais nervs. Ja pārgriež uz kuņģi esošos klejotājnervus, kuņģa sulas sekrēciju vairs neizraisa ne barības ēšana, ne arī tās smarža un izskats. Savukārt pārgriezta klejotājnerva perifērā gala kairināšana izraisa bagātīgu kuņģa sulas atdališanos. Noskaidrots, ka klejotājnervos bez kuņģa dziedzeru uzbudinātājam nervu šķiedrām atrodas arī nervu šķiedras, kas kavē kuņģa sulas sekrēciju. Kuņģa sulas sekrēcijas regulācijā piedalās arī simpātiskie nervi. Uzskata, ka simpātiskiem impulsiem, kas pienāk kuņģa dziedzeriem, ir galvenokārt trofiska ietekme, jo tie pastiprina vielu maiņas procesus kuņģa dziedzeršūnās.

Tas apstākļi, ka kuņģa sulas atdališanos izraisa arī nosacījuma reflektoriskie kairinātāji (barības smarža, barības izskats u. c.), liecina, ka kuņģa sulas sekrēcijas regulācijā piedalās galvas sma-

dzeņu garozas centri. Kuņģa sulu, kas izdalās šo kairinātāju ietekmē, I. Pavlovs nosauca par apetītes sulu. Apetītes sulai ir svarīga fizioloģiska nozīme, jo tās izdalīšanās rezultātā kuņģis savlaicīgi tiek sagatavots barības uzņemšanai un tās ķīmiskai pārstrādei. Līdzīgi kā siekalu izdalīšanos, arī kuņģa sulas sekrēciju var izraisīt dažādi indierenti kairinātāji, piemēram, zvana skaņa vai spuldzes gaismā, ja tie pirms tam vairākkārt saskaņoti vienā laikā ar dzīvnieka barošanu, t. i., attiecīgos apstākļos var izveidoties mākslīgie kuņģa sulas izdalīšanās nosacījuma refleksi.

Parastā barības uzņemšanas akta sākumā vienmēr iedarbojas dabiskie nosacījuma kairinātāji (barības smarža, barības izskats un citi faktori, kas parasti ir saistīti ar barības uzņemšanu). Pēc tam barība iedarbojas kā beznosacījuma kairinātājs, uzbudinot mutes un rīkles dobuma gļotādas receptorus. Tādējādi kuņģa sulas sekrēciju barības uzņemšanas laikā izraisa nosacījuma un beznosacījuma kairinātāju komplekss, tādēļ reflektorisko kuņģa sulas sekrēcijas fāzi sauc arī par salikti reflektorisko fāzi.

Blakus reflektoriskām ietekmēm, kas ierosina kuņģa sulas atdalīšanos, pastāv arī reflektoriskā kuņģa dziedzeru sekrēcijas kavēšana, kas var iestāties kāda stipra ārējā kairinātāja, piemēram, stipra trokšņa ietekmē, kā arī tad, ja dzīvniekam barības uzņemšanas laikā rada sāpju kairinājumu. Spilgti izteikta reflektoriskā kuņģa dziedzeru darbības kavēšana var iestāties dažos organisma emocionālos stāvokļos.

Kuņģa sulas sekrēcijas samazināšanos, kas iestājas emocionāla uzbudinājuma laikā, izskaidro ar adrenalīna pastiprinātu izdalīšanos asinīs, jo tam uz kuņģa dziedzeriem ir kavējoša ietekme.

Kā jau minēts, šķietamā barošana izraisa kuņģa sulas atdalīšanos, kas ilgst 1...2 stundas. Turpretī parastos apstākļos kuņģa sulas sekrēcija turpinās 6...8 stundas un dažreiz pat 10 stundas pēc barības uzņemšanas. Tas rāda, ka bez apskatītajām reflektoriskajām ietekmēm kuņģa sulas sekrēciju izraisa vēl citi faktori. Tā, piemēram, ja sunim nemanot ievada barību kuņģī caur kuņģa fistulu, kuņģa sulas sekrēcija, kas iestājas pēc 30...60 minūšu ilga latentā perioda, turpinās stundām ilgi. Sajā gadījumā kuņģa sulas atdalīšanos izraisa mehānisks kuņģa gļotādas kairinājums, kā arī ķīmiskie (humorālie) aģenti.

Kuņģa sulas sekrēcijas neirāli ķīmiskā regulācija. Barībai mehāniski kairinot kuņģa gļotādas receptorus, kuņģa sulas atdalīšanās norisinās reflektoriski (S. Cečulins). Uzbudinājums, kas rodas, barībai kairinot kuņģa gļotādas receptorus, pa aferentajām nervu šķiedrām tiek novadīts uz centrālo nervu sistēmu, no turienes pa eferentajām klejotājnervu šķiedrām nokļūst kuņģa dziedzeros. Pēc klejotājnervu pārgriešanas kuņģa sulas sekrēciju nevar ierosināt, ja mehāniski kairina kuņģa gļotādu. Tādējādi reflektoriskiem kuņģa dziedzeru darbības ierosinātājiem, kas darbojas ēšanas laikā, pievienojas vēl viens reflektorisks kairinātājs — kuņģa gļotādas receptoru mehānisks kairinājums ar barību.

Ķīmiskie (humorālie) aģenti, kas izraisa un ilgstoši uztur kuņģa sulas sekrēciju, ir barības ekstraktvielas, piemēram, histamīns, kā arī olbaltumvielu sadalīšanās produkti — albumozes un peptoni.

Pie ķīmiskiem kuņģa sulas sekrēcijas ierosinātājiem pieskaita arī ūdeni, sāļus (0,5...7,5% koncentrācijā), vājas koncentrācijas alkoholu un organiskās skābes, piemēram, etiķskābi. Šīs vielas uzsūcas asinīs (caur kuņģa *pylorus* daļas gļotādu) un pēc tam iedarbojas uz kuņģa dziedzeriem (I. Razenkovs). Pastāv arī uzskats, ka kuņģa *pylorus* daļas gļotāda satur īpašu savienojumu — *progastrīnu*, kas dažu barības ķīmisko savienojumu, piemēram, peptonu, kā arī sālsskābes ietekmē pārvēršas par fizioloģiski aktīvu vielu — *gastrīnu* (gastrosekretīnu). Gastrīns uzsūcas asinīs, ar asinīm nokļūst kuņģa dziedzeros un stimulē to darbību. Pašreiz ir noskaidrots, ka gastrīns pēc savas ķīmiskās dabas ir histamīns — amino-skābes histidīna derivāts. Interesanti atzīmēt, ka ferments histamināze, kas sašķel histamīnu un atrodas gandrīz visos orgānos un audos, kuņģa gļotādā nav sastopams.

Ķīmiskie aģenti ietekmē kuņģa dziedzerus arī caur nervu sistēmu. Tie iedarbojas uz kuņģa interoreceptoriem (hemoreceptoriem), reflektoriski nodrošinot intensīvu kuņģa sulas sekrēciju (A. Solovjovs). Tas liecina, ka kuņģa sulas sekrēcijas otrā fāzē nav vis tīri ķīmiska, kā to uzskatīja agrāk, bet gan neirāli ķīmiska (neirāli humorāla).

Kuņģa gļotādas mehānisks un ķīmisks kairinājums reflektoriski izraisa arī gļotu atdalīšanos, kam ir svarīga aizsargnozīme. Gļotas, pārklājot rupjās barības daļiņas un atšķaidot stipri koncentrētus šķīdumus, aizsargā kuņģa gļotādu no mehānisko un ķīmisko faktoru nelabvēlīgas (stipri kairinošas) iedarbības.

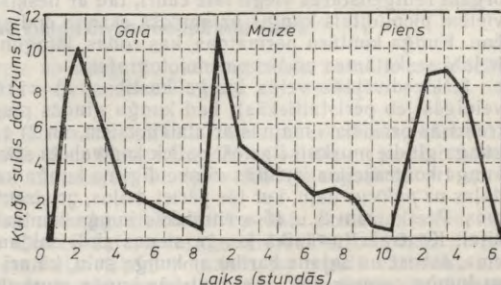
Līdztekus vielām, kas uzbudina kuņģa dziedzeru sekretoro darbību, ir arī tādi savienojumi, kas kavē kuņģa sulas atdalīšanos. Kuņģa sulas sekrēciju kavējošie aģenti ir tauki, nātrija hidrogēnkarbonāts, oleīnskābe, kā arī stipri koncentrēti sāļu šķīdumi. Kuņģa dziedzeru sekretoro darbību var pavājināt arī relatīvi augsta (>0,5%) sālsskābes koncentrācija.

I. Pavlova laboratorijā noskaidrots, ka tauku kavējošā ietekme uz kuņģa dziedzeru darbību norisinās reflektoriski. Kavējošo refleksu tauki izraisa, nokļūstot divpadsmitpirkstu zarnā un kairinot tur esošos hemoreceptorus. Uzbudinājums, kas rodas šajos divpadsmitpirkstu zarnas receptors, pa aferentajiem nerviem tiek novadīts iegarenajās smadzenēs, bet no turienes pa klejotājnerviem (pa kuņģa sulas sekrēciju kavējošām klejotājnerveņu šķiedrām) nonāk kuņģa dziedzeros. Pēc klejotājnerveņu pārgriešanas tauku kavējošā ietekme uz kuņģa sulas atdalīšanos nav novērojama. Tauku kavējošā iedarbība uz kuņģa dziedzeru sekrēciju norisinās ne tikai reflektoriski, bet arī humorāli, t. i., tauku ietekmē divpadsmitpirkstu zarnas gļotādā veidojas īpaša viela — *enterogastrons*, kas nomāc kuņģa dziedzeru sekretoro darbību. Savukārt tauku noārdīšanās produkti (tauskābes un glicerīns), ja tie no divpadsmit-

pirkstu zarnas nokļūst kuņģī, uzbudina kuņģa dziedzerus un līdz ar to pastiprina kuņģa sulas izdalīšanos.

I. Pavlova laboratorijā izpētīts, ka katra veida barība izraisa specifisku kuņģa sulas sekrēciju. Tā sunim visintensīvāko kuņģa sulas sekrēciju izraisa gaļa, bet vismazāko — maize un piens (10. att.).

Ja sunim izēdina gaļu, kuņģa sulas sekrēcija strauji pieaug un noteiktā daudzumā sula izdalās 2...3 stundas. Pēc tam sekrēcija ātri samazinās un pilnīgi izbeidzas pēc 7...8 stundām. Šāda kuņģa sulas sekrēcijas gaita izskaidrojama ar to, ka gaļa satur daudz ekstraktvielu un gaļas olbaltumvielas ir viegli sagremojamas, tādēļ gaļas olbaltumvielu sadalīšanās produkti ātri iedarbojas uz kuņģa dziedzeriem un stimulē kuņģa sulas izdalīšanos. Savukārt gaļa samērā ātri iziet caur kuņģi, tādēļ kuņģa sulas sekrēcija strauji samazinās. Ja sunim izēdina maizi, kuņģa sulas sekrēcijas maksimums iestājas pēc 1 stundas un tad sāk samazināties, bet turpinās vēl apmēram 10 stundas. Tas tādēļ, ka maize satur mazāk ekstraktvielu nekā gaļa un maizes olbaltumvielu sadalīšanās produkti vēl sāk iedarboties uz kuņģa dziedzeriem, jo augu valsts olbaltumvielas tiek sagremotas lēnām. Ja sunim izēdina pienu, kuņģa sulas sekrēcija pieaug lēnām un tās maksimums iestājas tikai 3...4. stundā. Tas izskaidrojams ar to, ka piena tauki attiecīgu laiku pēc piena uzņemšanas kavē kuņģa dziedzeru sekretoro darbību. Sākot ar 2...3. stundu, sāk izpausties piena tauku sadalīšanās produktu, t. i., taukskābju un glicerīna, kā arī piena olbaltumvielu noārdīšanās produktu darbība. Piena tauku kavējošā darbība šajā laikā sāk strauji samazināties, un līdz ar to kuņģa sulas sekrēcija pastiprinās un tās maksimums iestājas 3...4. stundā. Sakarā ar to, ka piens kuņģī tiek ātri sagremots, pēc 6 stundām izbeidzas kuņģa sulas sekrēcija. Jāatzīmē, ka, ēdot gaļu, kuņģa sulā ir vairāk sālsskābes, nekā ēdot maizi un pienu. Visvairāk fermentu kuņģa sulā ir, ja dzīvniekiem izēdina maizi.



10. att. Kuņģa sulas sekrēcijas likne sunim, ja tam izēdina gaļu, maizi un pienu (pēc I. Pavlova).

Eksperimentālajos pētījumos noskaidrots, ka, ilgstoši (30...60 dienas) izēdinot dzīvniekiem kādu vienveidīgu barību, iestājas raksturīgs kuņģa dziedzeru sekretorās darbības tips. Tā, piemēram, sunim, kuram ilgstoši izēdina ogļhidrātiem bagātu barību, pastiprinās kuņģa sulas sekrēcija reflektoriskajā fāzē un samazinās neirāli ķīmiskajā fāzē. Savukārt, izēdinot sunim tikai gaļu, novērojama pretēja parādība (H. Hoštojancs). Kuņģa sulas sekrēcija stipri pavājinās vai pilnīgi pārtraucas, ja paaugstinās ķermeņa temperatūra, piemēram, infekcijas slimību gadījumā, kā arī tad, ja organisms pārkarst. Kuņģa sulas sekrēciju daļēji ietekmē arī iekšējās sekrēcijas dziedzeri, piemēram, virsnieru serdes slāņa hormons adrenalīns un hipofīzes pakalējās daivas hormons vazopresīns pavājina kuņģa dziedzeru sekreto darbību, bet vairogdziedzera hormons tiroksīns to pastiprina.

Kuņģa motorika

Kuņģa kustības parasti pēta grafiski vai rentgenoskopiski. Lietojot kuņģa motorikas pētīšanai grafisko metodi, kuņģī ar zondi vai arī caur kuņģa fistulu ievada gumijas balonu, kuru pēc tam piepūš un ar gumijas cauruli pievieno Mareja kapsulai un reģistrējošai ierīcei — kimogrāfam (11. att.). Kuņģim kontrahējoties, tiek saspiests tajā ievietotais gumijas balons, tāpēc gaiss no balona pārvietojas uz Mareja kapsulu, izstiepj tās gumijas sienu un paceļ sviru. Sviras kustības reģistrē kimogrāfs, uz kura lentas tiek atzīmēta likne, kas attēlo kuņģa kontrakciju ritmu un stiprumu.

Pētot kuņģa motoriku rentgenoskopiski, dzīvniekam izēdina vai arī ievada kuņģī caur zondi kontrastvielas, piemēram, bārija vai bismuta sāļus, kas aiztur rentgenstarus. Tā kā visi vēdera dobuma orgāni rentgenstarus viegli laiž cauri, tad ar nešķīstošām kontrastvielām papildītais kuņģis uz spīdošā ekrāna dod spilgti konturētu ēnu. Kuņģa kontūru pārmaiņas, kas rodas, kuņģim kontrahējoties, ir labi saskatāmas un tās var nofotografēt.

Izšķir divējāda veida kuņģa kustības: 1) ritmiskās (viļņveidīgās jeb peristaltiskās), kad kuņģa gludās muskulatūras kontrakcijas periodiski mainās ar atslābumiem, un 2) toniskās, kad kuņģa gludie muskuļi ilgstoši paliek kontrahētā stāvoklī. Ritmiskās kuņģa kontrakcijas izplatās viļņveidīgi no kuņģa kardiijas (*cardia*) daļas uz *pylorus* daļu, kur tās pāriet dziļos, gredzeniskos iežmaugumos. Pēc katrām 8...15 s ritmiskās kuņģa kontrakcijas seko cita citai. Kontrakcijas laikā kuņģa sienas cieši sakļaujas un sasmalcina, saberž un sajauc barību ar kuņģa sulu, kā arī pārvieto barību uz kuņģa *pylorus* daļu. Arī toniskās kuņģa muskulatūras kontrakcijas, kas it kā saveļk kuņģi, tuvina tā *cardia* daļu *pylorus* daļai un veicina barības sajaukšanu un pārvietošanu.

11. att. Kuņģa kustību grafiskās registrācijas metodes shēma:

1 — kuņģī ievadīts gumijas balons, 2 — kuņģa fistula, 3 — kimogrāfs.



Kuņģa kustības parasti ierosina barība, jo tā mehāniski un ķīmiski kairina kuņģa gļotādu un izraisa kuņģa muskulatūras kontrakcijas. Kuņģa kontrakciju intensitāte zināmā mērā ir atkarīga no kuņģa satura (himusa) skābuma pakāpes. Jo intensīvāka ir kuņģa sulas sekrēcija un līdz ar to sālsskābes izdalīšanās, jo spēcīgākas ir kuņģa kustības.

Centrālā nervu sistēma regulē kuņģa kustības ar parasimpātisko un simpātisko nervu starpniecību: parasimpātiskie nervi (*n. vagus*) pastiprina kuņģa kontrakcijas, bet simpātiskie nervi tās pavājina.

Pastāv ne tikai beznosacījuma, bet arī nosacījuma reflektoriskā kuņģa kustību regulācija. Tā, piemēram, kuņģa kontrakcijas var izraisīt barības smarža un barības izskats.

Jāatzīmē, ka kuņģa kontrakcijas var rasties arī automātiski, t. i., to impulsu ietekmē, kas rodas kuņģa sienā esošos nervu elementos vai arī pašos kuņģa muskuļos. Sakarā ar šādu automātiju kuņģa kustības kādu laiku turpinās arī pēc tam, kad kuņģis izoperēts un ievietots siltā fizioloģiskā šķīdumā.

Kuņģa kustības var ietekmēt daži humorāli faktori. Tā, piemēram, paaugstināts kalcija saturs asinīs, kā arī adrenalīns pavājina kuņģa kustības, savukārt kālija joni un acetilholīns tās pastiprina.

Radioaktīvie starojumi izraisa kuņģa *pylorus* daļas spazmu un kavē pārējo kuņģa daļu kustības.

Barības pāreja no kuņģa divpadsmitpirkstu zarnā

Barības pāreja no kuņģa divpadsmitpirkstu zarnā ir komplicēts reflektorisks akts — vārtņieka slēdzēja (*m. sphincter pylori*) noslēgšanas reflekss.

Ja kuņģī un divpadsmitpirkstu zarnā nav barības, vārtņieka slēdzējs ir atslābis. Piepildoties kuņģim ar barību un pastiprinoties tā muskulatūras toniskajām kontrakcijām, paaugstinās arī vārtņieka slēdzēja tonuss.

Barības pāreja no kuņģa divpadsmitpirkstu zarnā sākas tad, kad barība kuņģī ir kļuvusi šķīdri vai pusšķīdri. Barība pāriet divpadsmitpirkstu zarnā atsevišķām porcijām, ko regulē vārtņieka slēdzējs, periodiski atveroties un noslēdzoties. Šī refleksa mehānisms ir šāds: sālsskābe, kairinot kuņģa vārtņieka (*pylorus*) daļas gļotādu, reflektoriski izraisa vārtņieka slēdzēja atvēršanos un barības

Himusa pH dažādos gremošanas trakta nodaļiņumos

Dzīvnieks	Kungis	Dīvīpadsmit- pirkstu zarna	Tukšā zarna	Gužu zarna	Aklā zarna	Loka zarna	Taisnā zarna
Zirgs	4,46	7,13—7,50	7,48—7,80	7,54	7,24	6,95—7,10	6,24
Govs	4,95—5,53 (glūmenēka)	6,83—7,49	8,55	7,54—7,93	8,67—9,41	7,15	—
Cūka	5,46	6,63—7,38	7,44	—	7,24	6,85	—
Vista	4,51 (guza) 4,40 (dziedzerkungī) 2,60 (muskul[kungī])	5,76—7,11	5,78—5,90	6,27—6,42	5,71	6,26	6,26
Pile	4,92 (guza) 3,41 (dziedzerkungī) 2,33 (muskul[kungī])	6,01—7,19	6,11—6,69	6,87	5,88	6,73	6,73

pāreju divpadsmitpirkstu zarnā. Divpadsmitpirkstu zarnā sālskābe kairina gļotādu un reflektoriski izraisa vārtnieka slēdzēja noslēgšanos. Vārtnieka slēdzējs paliek noslēgts tik ilgi, kamēr sārmainās zarnu sulas, aizkuņģa dziedzera sulas un žults ietekmē neitralizējas sālskābe. Tiklīdz divpadsmitpirkstu zarnas reakcija kļūst atkal sārmaina, vārtnieka slēdzējs no jauna atveras un ielaiž divpadsmitpirkstu zarnā nākošo kuņģa himusa porciju. Šādai periodiskai kuņģa satura evakuācijai zarnās ir svarīga fizioloģiska nozīme, jo tā neļauj uz ilgāku laiku pārvērsties sārmainai zarnu satura (himusa) reakcijai par skābu reakciju, kas būtu nelabvēlīga zarnu un aizkuņģa dziedzera sulas fermentu darbībai (2. tabula).

Vārtnieka slēdzēja darbības reflektorisko raksturu var pierādīt, pārgriežot klejotājnervu. Sajā gadījumā izzūd vārtnieka slēdzēja reflekss.

Barības uzturēšanās ilgums kuņģī ir atkarīgs no tās ķīmiskā sastāva un fizikālajām īpašībām. Ar olbaltumvielām bagāta barība kuņģī paliek ilgāk nekā tāda barība, kuras sastāvā ietilpst galvenokārt ogļhidrāti. Ilgi (10...12 stundas un ilgāk) kuņģī paliek rupjā un slikti sakošļātā barība. Savukārt pusšķidra un šķidra barība no kuņģa divpadsmitpirkstu zarnā pāriet samērā ātri, pie tam silta barības putriņa kuņģī atstāj ātrāk nekā auksta. Ūdens iziet cauri kuņģim ļoti ātri, gandrīz nemaz tajā neaizturas. Tas viss liecina, ka bez sālskābes kuņģa vārtnieka (*pylorus*) daļas gļotādu kairina arī citi faktori, piemēram, barības konsistence, temperatūra, gāzes (CO_2), kas reflektoriski pārmaina vārtnieka slēdzēja tonusu.

Ja dzīvniekam izēdina ar taukiem bagātu barību, tauki pēc dažām minūtēm nokļūst divpadsmitpirkstu zarnā, kairina tās gļotādu un izraisa divpadsmitpirkstu zarnas antiperistaltiku. Rezultātā divpadsmitpirkstu zarnas saturs kopā ar aizkuņģa dziedzeru sulu, kas satur daudz lipolītisko fermentu, nokļūst kuņģī. Aizkuņģa dziedzera sulas ietekmē sāk norisināties tauku noārdīšanās procesi. Vienlaikus iestājas ilgstoša prepilora slēdzēja kontrakcija, kas no robežo kuņģa *pylorus* daļu no *fundus* daļas. Bez tam reflektoriski samazinās kuņģa sulas sekrēcija, tādējādi tiek nosargāta aizkuņģa dziedzera sulas fermentu darbībai nepieciešamā sārmainā reakcija. Līdz ar tauku sagremošanu un to evakuāciju divpadsmitpirkstu zarnā pastiprinās kuņģa sulas sekrēcija un sākas normālā olbaltumvielu sagremošana.

VEMŠANA

Vemšana ir organisma aizsargreakcija organisma atbrīvošanai no nederīgas un kaitīgas barības. Tas ir komplikēts un stingri koordinētu kustību akts, kura norisei ir nepieciešama daudzu muskuļu grupu saskaņota darbība. Vemšana sākas ar antiperistaltiskām zarnu muskulatūras kontrakcijām un vārtnieka slēdzēja atvērša-

nos. Rezultātā zarnu saturs tiek ievadīts kuņģī. Pēc tam spēcīgas vēdera sienas un diafragmas muskulatūras kontrakcijas saspiež kuņģi un tā saturs, atveroties ieejai kuņģī, nokļūst barības vadā. Pirms vemšanas akta iestājas spēcīga ieelpas kustība, kas sekmē negatīvā spiediena pieaugumu krūšu dobumā un kuņģa satura iekļūšanu barības vadā. Pēc tam kad kuņģa saturs nokļūst barības vadā, iestājas barības vada antiperistaltika, un izelpošanas fāzē antiperistaltikas vilnis barību izvada atvērtajā mutes dobumā. Sajā laikā uz augšu ir paceltas mīkstās aukslējas un atpakaļ atvirzīta mēle, tādēļ mutes dobumā nokļuvušais kuņģa un zarnu saturs nenonāk deguna dobumā un balsenē.

Vemšanas aktu regulē īpašs vemšanas centrs, kas atrodas iegarenajās smadzenēs, IV smadzeņu ventrikula dibenā. Vemšana var iestāties 1) reflektoriski, ja uz gremošanas traktu vai arī dažiem citiem orgāniem, piemēram, vēdera plēvi, vestibulāro aparātu, aknām, dzemdi iedarbojas mehāniski un ķīmiski kairinātāji; 2) automātiski, ja ķīmiski un mehāniski agenti iedarbojas uz pašu vemšanas centru. Vemšanas centra automātisks uzbudinājums var iestāties, ja ir paaugstināts spiediens galvaskausa dobumā, ja asinīs cirkulē baktēriju toksīni, daži vielu maiņas nepilnīgi oksidētie produkti, kā arī dažas farmakoloģiskas vielas, piemēram, apomorfīns. Vemšana var iestāties, ja organisms lielā devā saņemis jonizējošo starojumu.

Vemšanas laikā pastiprināti atdalās siekalas un sviedri, paātrinās sirdsdarbība, pazeminās elpošanas frekvence un pārmainās daudzas citas organisma funkcijas, kas norāda uz nervu sistēmas vispārēju uzbudinājumu. Vemšanu var izraisīt arī nosacījuma reflektoriskie kairinājumi, piemēram, ieraugot barību, kas izraisa pretīguma sajūtu (kādreiz izraisījusi vemšanu).

No mājdzīvniekiem vemšana visbiežāk novērojama suņiem, kaķiem un cūkām. Govīm un it īpaši zirgiem vemšana novērojama ļoti reti. Zirgiem sakarā ar īpatnēju kuņģa un barības vada anatomisko uzbūvi (spēcīgi attīstīts kardiācijas slēdzējs (*m. sphincter cardiae*), ieeja kuņģī noslēgta ar kuņģa gļotādas krokām, sabiezinātas barības vada sienas kuņģa tuvumā) vemšana norisinās ļoti smagā formā un var radīt kuņģa plīsumu. Bez tam atvērtā barība zirgiem var aizsprostot deguna dobumu un balseni, kā arī var iekļūt plaušās un ierosināt pneimoniju.

Dažkārt vemšana ir tīri fizioloģisks akts. Tā, piemēram, dažu sugu putni un vilki mazuļus baro ar atvērtu barību.

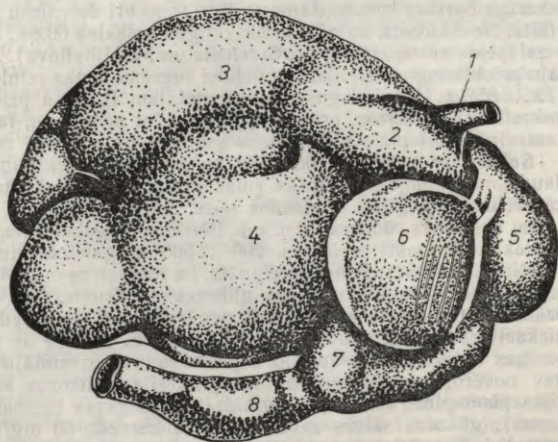
GREMOŠANAS PROCESS ATGREMOTĀJU KUŅĢI

Atgremotāju kuņģa uzbūves īpatnības

Atgremotājiem ir daudzkameru kuņģis, tas sastāv no četriem nodalījumiem: spurekļa (*rumen*), acekņa (*reticulum*), grāmatnieka (*omasus*) un glumenieka (*abomasus*). Pirmos

trīs nodalījumus, t. i., spurekli, acekni un grāmatnieku, kuru gļotādā nav dziedzeru, sauc par priekškuņģiem, bet pēdējo nodalījumu — glumenieku, kurā izdalās kuņģa sula, sauc par isto kuņģi jeb dziedzerkuņģi. Spureklis un aceknis veido nelielu priekštelpu (*atrium ventriculi*), kurā atveras barības vads (12. att.). No barības vada ieejas vietas pa acekņa sienu līdz pat grāmatniekam un tālāk pa grāmatnieka sienu stiepjas barības vada rieva (*sulcus esophageus*). Tās malas ir norobežotas ar gļotādas uzbieznējumiem (gļotādas valnišiem), kuru pamatos atrodas gludas garenvirziena muskuļšķiedras. Jauniem dzīvniekiem (teļiem, jēriem, kazlēniem) šie gļotādas uzbieznējumi rīšanas momentā reflektoriski sakļaujas, izveidojot it kā cauruli, pa kuru barība nokļūst tieši glumeniekā. Priekškuņģiem augot un attīstoties, barības vada rieva atpaliek augšanā, un tās gļotādas uzbieznējumi nevar vairs sakļauties. Pieaugušiem dzīvniekiem daļa uzņemtā šķidruma tomēr var nonākt pa barības vada rievu tieši glumeniekā.

Pieaugušiem atgremotājiem vislielākais kuņģa nodalījums ir spureklis, tā tilpums — 80...200 l. Glumenieks var uzņemt tikai $\frac{1}{10}$ no tā tilpuma, ko uzņem spureklis. Fetālajā laikā, kā arī teļiem piena periodā spureklis ir vāji attīstīts un ir ievērojami mazāks par glumenieku. Teļiem pirmajās trijās nedēļās pēc piedzimšanas



12. att. Govs kuņģis (pēc P. Ozoliņa):

1 — barības vads, 2 — kuņģa paplašinājums pie barības vada ieejas (*atrium ventriculi*), 3 — spurekļa augšējais maiss, 4 — spurekļa apakšējais maiss, 5 — aceknis, 6 — grāmatnieks, 7 — glumenieks, 8 — divpadsmitpirkstu zarna.

spureklis un aceknis ir divreiz mazāki nekā glumenieks (P. Ozoliņš, 1956).

Spureklis sastāv no diviem maisiem: dorsālā maisa (*saccus ruminis dorsalis*) un ventrālā maisa (*saccus ruminis ventralis*), kas norobežoti ar attiecīgām rievām (*sulcus cranialis*, *sulcus caudalis*, *sulcus longitudinalis dexter et sinister*).

Barības pārstrāde priekškuņģos

Atgremotāju priekškuņģos ļoti intensīvi norisinās barības pārstrāde mehānisko, ķīmisko un bioloģisko faktoru ietekmē.

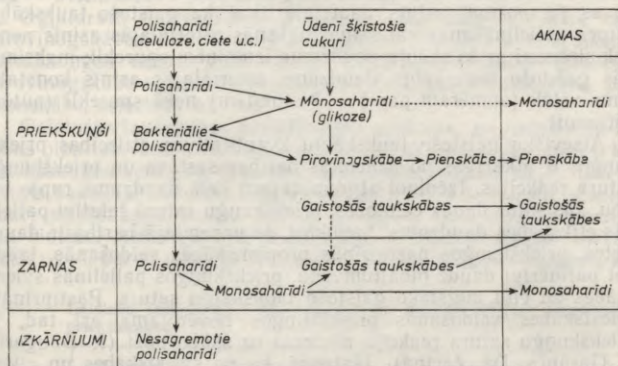
Sakarā ar to, ka priekškuņģu muskulatūrai ir spēcīgas kontrakcijas, barība priekškuņģos tiek sabērztā un sasmalcināta. Ķīmiski barību pārstrādā baktēriju izdalītie fermenti. Barības bakteriālās sagremošanas procesiem priekškuņģos ir ārkārtīgi svarīga nozīme, jo atgremotāju organisms savām enerģētiskajām un plastiskajām vajadzībām spēj izmantot barības bakteriālās sadalīšanās produktus. Bez tam, noārdoties celulozei, no kuras veidoti augu šūnu apvalki un kura gremošanas traktā sadalās tikai baktēriju izdalītā fermenta celulāzes ietekmē, augu šūnām piekļūst gremošanas sulas.

Barības bakteriālās sagremošanas procesi atgremotājiem ir pārsvarā pār citiem barības gremošanas veidiem, tādēļ no tiem stipri atkarīga barības izmantošana un līdz ar to arī dzīvnieku produktivitāte. Noskaidrots, ka aitu priekškuņģos sašķeļas 60,88...80,79% bezslāpekļa ekstraktvielu (Z. Seremets un M. Mihailova). Atgremotāju priekškuņģos sašķeļas arī lielākā sagremojamās celulozes daļa (70...85%). Ja pieaugušam atgremotājam iznīcina priekškuņģu mikrofloru, piemēram, priekškuņģos ievadot penicilīnu, tad strauji samazinās izslaukums, dzīvnieks saslimst un var pat nobeigties.

Sakarā ar barības bakteriālo noārdīšanos priekškuņģos lielā daudzumā veidojas gaistošās (mazas molekulas) taukskābes, kā arī dažādas gāzes (ogļskābā gāze, metāns, slāpeklis, sērūdeņradis, amonjaks, ūdeņradis u. c.). Pētījumos noskaidrots, ka aitas spurekli diennaktī veidojas 200...500 g gaistošo taukskābju (V. Nikitins, 1951). Ir arī aprēķināts, ka intensīvas ogļhidrātu bakteriālās noārdīšanās rezultātā glikozes daudzums, kas diennaktī uzsūcas aitas gremošanas traktā, nepārsniedz 5 g pat tad, ja dzīvniekam izēdina ogļhidrātiem bagātu barību. Sakarā ar intensīvu barības ogļhidrātu bakteriālo sagremošanu atgremotājiem nekad nav novērojama alimentārā hiperglikēmija (glikozes koncentrācijas pieaugums asinīs pēc ogļhidrātiem bagātas barības uzņemšanas); glikozes saturs asinīs tiem nepārsniedz 60 mg/100 g un parasti ir 2...2,5 reizes mazāks nekā pārējo sugu mājdzīvniekiem.

Hromatogrāfiski noskaidrots, ka galvenās gaistošās taukskābes, kas veidojas priekškuņģos barības rūgšanas procesā, ir etiķskābe (CH_3COOH), propionskābe ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$) un

Ogļhidrātu maiņas shēma atgremotāja organismā



sviestskābe ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$). Etiķskābe parasti sastāda 55...75% no visām gaistošajām taukskābēm, propionskābe — 16...27% un sviestskābe 6...11%. No citām gaistošajām taukskābēm priekškuņģu saturā nelielā daudzumā atrodas skudrskābe (HCOOH), baldriānskābe ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$) un kapronskābe ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$). Normālos apstākļos skudrskābes saturs priekškuņģu himusā nepārsniedz 5%, baldriānskābes saturs sastāda 1,6...3,2% un kapronskābes saturs — 0,5...1,0% no kopējā gaistošo taukskābju daudzuma. Bez tam priekškuņģos ir sastopami vēl sviestskābes un baldriānskābes izomēri — izosviestskābe (0,3...2,8%) un izobaldriānskābe (0,6...3,3%).

Kopējais gaistošo taukskābju daudzums spureklī ir 300...1200 mg 100 g himusa; tas atkarīgs galvenokārt no uzņemtās barības daudzuma, sastāva un rakstura. Ļoti daudz gaistošo taukskābju priekškuņģos rodas pēc sulīgās barības (sakņaugu, zaļbarības) uzņemšanas. Barības olbaltumvielas, stimulējot bakteriju darbību priekškuņģos, pastiprina gaistošo taukskābju veidošanās intensitāti. Neregulāra dzīvnieku ēdināšana, ja starp atsevišķām ēdināšanas reizēm ir lieli, nevienmērīgi starplaiki, pavājina rūgšanas procesu norises priekškuņģos (autora pētījumi).

Pēc barības uzņemšanas rūgšanas procesu pastiprināšanās rezultātā priekškuņģos sāk palielināties gaistošo taukskābju daudzums. Tā maksimālais gaistošo taukskābju saturs spureklī konstatējams 3...4. stundā pēc sulīgās barības (sakņaugu) izēdināšanas, 3...6. stundā pēc koncentrētās barības (miltu, kliju) izēdināšanas un 10...12. stundā pēc rupjās barības (siena) izēdināšanas.

Gaistošās taukskābes uzsūcas cauri spurekļa sienai, tādēļ to satura attiecīgas svārstības novērojamas arī arteriālajās un vārtu vēnās (*v. portae*) asinīs. Jāatzīmē tikai, ka gaistošo taukskābju satura palielināšanās vai samazināšanās arteriālajās asinīs nenotiek sinhroni ar šo skābju daudzuma izmaiņām spureklī; maksimālais gaistošo taukskābju daudzums arteriālajās asinīs konstatējams vēlāk (apmēram par 1...2 stundām) nekā spureklī (autora pētījumi).

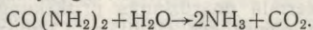
Atsevišķu gaistošo taukskābju kvantitatīvās attiecības priekškuņģos ir atkarīgas no uzņemtās barības sastāva un priekškuņģu satura reakcijas. Izēdinot atgremotājiem lielā daudzumā rupjo barību, kas satur daudz celulozes, priekškuņģu saturā relatīvi palielinās etiķskābes daudzums. Savukārt, ja uzņemtajā barībā ir daudz cietes, priekškuņģos pastiprinās propionskābes veidošanās. Izēdīdot pārmērīgi daudz olbaltumvielu, priekškuņģos palielinās sviestskābes un citu augstāko gaistošo taukskābju saturs. Pastiprināta sviestskābes veidošanās priekškuņģos novērojama arī tad, ja priekškuņģu satura reakcija novirzās uz skābo pusi (R. Daugerts, A. Garančs, Dz. Zariņa). Jāatzīmē, ka no sviestskābes un citām augstākām gaistošām taukskābēm priekškuņģu sienā un aknās intensīvi var veidoties ketonvielas (acetons, acetetiķskābe un β-oksiviestskābe). Savukārt propionskābei ir antiketogēna aktivitāte.

Mainot barības rāciju, mainās arī priekškuņģu mikroflora. Tādēļ svarīga nozīme ir pakāpeniskām barības rācijas maiņām, lai priekškuņģu mikroflora varētu piemēroties izēdinātās barības raksturam. Ļoti bagāta mikroflora un mikrofauna priekškuņģos novērojama, izēdinot dzīvniekiem pilnvērtīgu, ar olbaltumvielām bagātu barību. Ja dzīvniekiem izēdina tikai rupjo barību, mikroorganismu skaits un to sugu dažādība priekškuņģos manāmi samazinās. Mikroorganismu, it īpaši infuzoriju skaits priekškuņģos ļoti krasi samazinās badošanās laikā. Parasti jau 4., 5. badošanās dienā priekškuņģos infuzoriju vairs nav.

Ja priekškuņģos lielā daudzumā veidojas un uzkrājas gaistošās taukskābes, tās var stipri novirzīt priekškuņģu satura reakciju uz skābo pusi, bet tā būtu nelabvēlīga rūgšanas procesu tālākai norisei. Normālos apstākļos spurekļa reakcija parasti ir vāji bāziska, neitrāla vai vāji skāba, tās pH reti ir mazāks par 5,8. (Parasti spurekļa satura pH ir 6...8.) Priekškuņģu satura reakcija saglabājas pastāvīga tādēļ, ka gaistošās taukskābes intensīvi uzsūcas cauri priekškuņģu sienai, kā arī tiek neitralizētas ar barības un siekalu bāziskajām vielām. Atgremotājiem, kā zināms, ir ļoti intensīva siekalu sekrēcija, piemēram, govīs diennaktī izdala līdz 60 l siekalu, ar kurām priekškuņģos nokļūst 300...350 g nātrija hidroģenkarbonāta.

Atsevišķu gaistošo taukskābju uzsūkšanās intensitāte cauri priekškuņģu sienai zināmā mērā ir atkarīga no priekškuņģu himusa reakcijas. Ja priekškuņģu satura reakcija sārmaina, anjonu uzsūk-

baktēriju izdalītā fermenta ureāzes ietekmē hidrolizējas līdz amonjakam un ogļskābajai gāzei:



Tādējādi atgremotāju organismā norisinās savdabīga slāpekļa cirkulācija amonjaka un urīnvielas veidā.

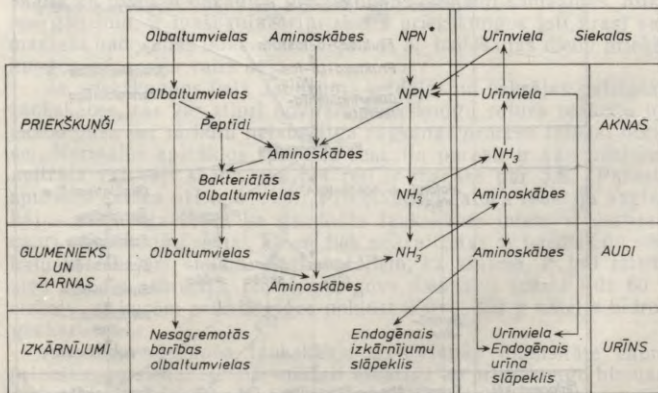
Amonjaks priekškuņģos veidojas ne tikai no aminoskābēm vai tad, ja noārdās urīnviela, bet arī sašķeloties nitrātiem, nitritiem un citiem vienkāršiem slāpekli saturošiem savienojumiem.

Tā kā priekškuņģu baktērijas spēj sašķelt vienkāršus slāpekļa savienojumus un izmantot atbrīvoto amonjaku bakteriālo olbaltumvielu sintēzei, atgremotāju ēdināšanai var lietot sintētiskos slāpekļa savienojumus (urīnvielu, amonija hidroģēnkarbonātu u. c.) un ar tiem daļēji aizstāt barības olbaltumvielas.

Infuzorijas, kas priekškuņģos mitinās lielā skaitā (10 000... 200 000 l ml priekškuņģu satura), intensīvi satver un sagremo (fagocitē) baktērijas (to skaits l ml priekškuņģu satura ir $10^8 \dots 10^{11}$) un līdz ar to no bakteriālajām olbaltumvielām sintezē sava ķermeņa olbaltumvielas. Pēc nokļūšanas glumeniekā un tievajās zarnās baktērijas un infuzorijas tiek sagremotas. Ir aprēķināts, ka diennaktī govij no priekškuņģiem glumeniekā nonāk apmēram 100 g pilnvērtīgo infuzoriju olbaltumvielu, kas sastāda apmēram $\frac{1}{4}$ no dzīvnieka minimālā olbaltumvielu patēriņa diennaktī. Bez tam govīs diennaktī saņem 50...60 g bakteriālo olbaltumvielu.

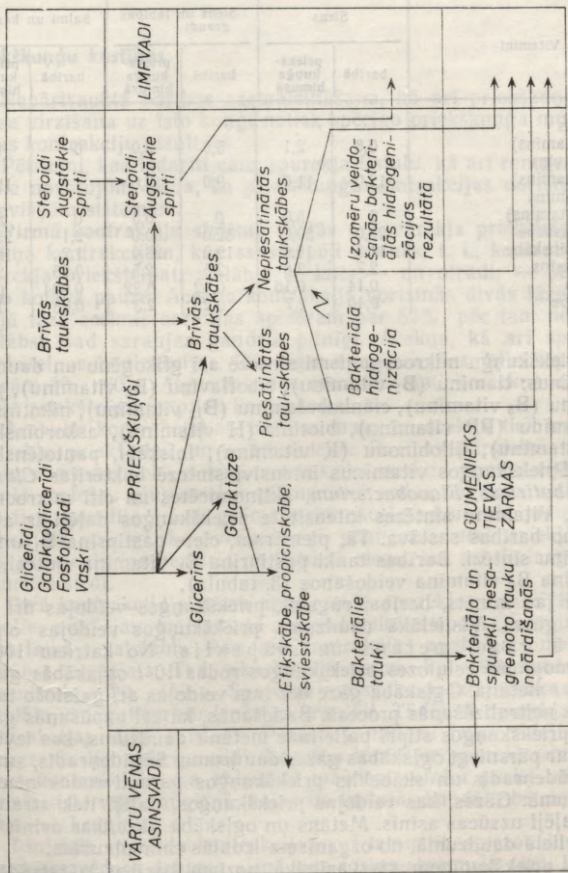
Mikroorganismu darbības rezultātā priekškuņģos notiek taukskābju esteru hidrolīze, nepiesātināto taukskābju hidrogenizācija, glicerīna noārdīšana, kā arī bakteriālo tauku veidošanās.

Slāpekli saturošo vielu maiņas shēma atgremotāju organismā



* NPN - neproteīnu slāpekļis (slāpekļi saturošie savienojumi, kuriem nav olbaltumvielu daba)

Tauku maiņas shēma algreomotāju priekškuņģos



Vitamīnu saturs barībā un govs priekškuņģu himusā
 (μg/g sauses)

Vitamīni	Siens		Siens un labības graudi		Salmi un kazeīns	
	barībā	priekškuņģa himusā	barībā	priekškuņģa himusā	barībā	priekškuņģa himusā
Tiamīns (B ₁ vitamīns)	0,8	2,1	5,0	3,0	0	1,8
Riboflavīns (B ₂ vitamīns)	13,0	11,0	9,0	13,0	1,0	12,0
Kobalamīns (B ₁₂ vitamīns)	0	5,0	0	6,5	0	8,3
Nikotīnskābe	27,0	50,0	32,0	60,0	2,1	25,0
Pantotēnskābe	11,0	10,0	19,0	28,0	1,2	18,0
Piridoksīns	2,7	2,8	2,5	2,5	0,25	2,4
Biotīns	0,14	0,16	0,12	0,22	0,004	0,17
Folskābe	0,40	1,7	0,25	2,3	0,08	1,0

Priekškuņģu mikroorganismi sintezē arī glikogēnu un daudzus vitamīnus: tiamīnu (B₁ vitamīnu), riboflavīnu (B₂ vitamīnu), piridoksīnu (B₆ vitamīnu), ciānkobalamīnu (B₁₂ vitamīnu), nikotīnskābes amīdu (PP vitamīnu), biotīnu (H vitamīnu), askorbīnskābi (C vitamīnu), fillohinonu (K vitamīnu), folskābi, pantotēnskābi u. c. Priekškuņģos vitamīnus intensīvi sintezē baktērijas *Clostridium butiricus*, *Flavobacterium*, aktinomicētes un citi mikroorganismi. Vitamīnu sintēzes intensitāte priekškuņģos daļēji ir atkarīga no barības sastāva. Tā, piemēram, ciete pastiprina B₁ un B₂ vitamīnu sintēzi. Barības tauki pastiprina B₁ vitamīna sintēzi, bet pavājina B₂ vitamīna veidošanos (3. tabula).

Kā jau minēts, barībai rūgstot, priekškuņģos veidojas arī dažādas gāzes. Vislielākā daudzumā priekškuņģos veidojas ogļskābā gāze, metāns un slāpekļis. No katriem 100 g sagremojamās celulozes priekškuņģos rodas 10 l ogļskābās gāzes un 3,5 l metāna. Ogļskābā gāze bez tam veidojas arī gaistošo taukskābju neutralizēšanās procesā. Badošanās, kā arī uzpūšanās gadījumā priekškuņģos stipri palielinās metāna daudzums, kas ievērojami var pārsniegt ogļskābās gāzes daudzumu. Sērūdeņradis, amonjaks, ūdeņradis un skābeklis priekškuņģos parasti rodas niecīgā daudzumā. Gāzes, kas veidojas priekškuņģos, daļēji tiek atraugātas, daļēji uzsūcas asinīs. Metāns un ogļskābā gāze, kas asinīs uzsūcas lielā daudzumā, no organisma izdalās caur plaušām.

No priekškuņģiem vissvarīgākā nozīme barības pārstrādē ir spureklim, kurā barība uzturas vidēji 70...90 stundas (C. Balhs, 1950). Aceknis un grāmatnieks galvenokārt regulē barības pārīšanu īstajā kuņģī. Aceknī sakrājas pietiekami pārstrādāta un pusšķidra barība, kas caur grāmatnieku ieplūst īstajā kuņģī. Grā-

matnieks zināmā mērā darbojas kā caurlaidēja kamera, aizturot rupjās barības daļiņas un saberžot tās starp savām lapām. Bez tam grāmatniekā ļoti intensīvi norisinās ūdens un gaistošo taukskābju uzsūkšanās.

Priekšķuņģu kustības

Nepārtraukta barības sasmalcināšana, kā arī priekšķuņģu himusa virzišana uz īsto kuņģi notiek spēcīgo priekšķuņģa muskulatūras kontrakciju rezultātā.

Pētījumi, kas izdarīti caur spurekļa fistulu, kā arī rentgenogrāfiskie novērojumi rāda, ka priekšķuņģu kontrakcijas norisinās pa atsevišķām sistēmām.

Pirmā kontrakciju sistēma sastāv no spurekļa priekštelpas un acekņa kontrakcijām, kas savstarpēji mainās, t. i., kontrahējoties spurekļa priekštelpai, atslābst aceknis — un otrādi, — pēc tam seko kopējā pauze. Acekņa kontrakcija norisinās divās fāzēs. Pirmajā fāzē aceknis saraujas apmēram par 50%, pēc tam nedaudz atslābst, tad saraujas gandrīz pilnīgi. Acekņa, kā arī spurekļa priekštelpas kontrakcijas, kas ilgst apmēram 5 s, atkārtojas pēc katrām 30...60 s. Atgremošanas momentā notiek acekņa un spurekļa priekštelpas papildu kontrakcija.

Acekņim kontrahējoties, barības masa no acekņa tiek iespiesta spurekļa priekštelpā un grāmatniekā. Barības pārvietošanos no acekņa grāmatniekā sekmē arī tas, ka acekņa kontrakcijas momentā izplešas glumenieks: glumeniekā rodas negatīvs spiediens, kas tiek novadīts arī uz grāmatnieku. Acekņa kontrakcijas parasti notiek tik spēcīgi, ka svešķermeņi, piemēram, acekņi iekļuvušās naglas, viegli var perforēt ne tikai tā sienu, bet arī diafragmu un iedurties sirdī.

Otrā kontrakciju sistēma aptver abus spurekļa maisus. Kontrahējoties augšējam maisam, tā saturs iespiežas apakšējā maisā, kas šajā laikā ir atslābis. Pēc tam kontrahējas apakšējais maiss un atslābst augšējais. Tad seko kopējā pauze. Spurekļa kontrakciju periods ilgst 20...30 s. Spurekļa maisu kontrakcija sākas no to kaudālajiem galiem un izplatās kraniāli. Tādējādi spurekļa maisi kontrakcijas laikā saīsinās. Parasti 2 minūšu laikā vidēji notiek 3 spurekļa kontrakciju cikli. Bez šīm toniskām spurekļa muskulatūras kontrakcijām pa abiem tā maisiem reizēm pāriet atsevišķi peristaltiski viļņi: augšējā maisā tie izplatās kaudāli, bet apakšējā maisā — kraniāli.

Toniskās spurekļa kontrakcijas var iztaustīt, spiežot dūri kreisās puses vēdera dobuma sienā zem jostas skriemeļa sānu izaugumiem — t. s. tukšumos. Spurekļa kontrakcijas var arī reģistrēt grafiski ar dažādu sistēmu ruminogrāfijām.

Priekšķuņģu kustības regulē iegarenajās smadzenēs lokalizētais nervu centrs caur parasimpātiskajiem un simpātiskajiem

nerviem: parasimpātiskie nervi (*n. vagus*) pastiprina priekškuņģu kustības, simpātiskie nervi tās pavājina.

Priekškuņģu kustību regulācijas centra uzbudinājumu un līdz ar to priekškuņģu kustību pastiprināšanos izraisa priekškuņģu sienā mehānoreceptoru un baroreceptoru kairinājumi. Savukārt divpadsmitpirkstu zarnas gļotādas mehānoreceptoru kairinājumu ietekmē reflektoriski pavājinās priekškuņģu kustības.

Priekškuņģu motoriku ietekmē arī mutes dobuma receptoru kairinājums; barības košļāšana, it īpaši izsalkušiem dzīvniekiem, maņāmi pastiprina priekškuņģu kustības.

Zināma nozīme priekškuņģu kustību regulācijā ir galvas smadzeņu garozai, piemēram, ieraugot barību, dzīvniekam pastiprinās priekškuņģu motoriku. Neparasti un stipri ārējās vides kairinājumi (svešu cilvēku parādīšanās, stiprs troksnis u. c.) var izraisīt priekškuņģu kustību pavājināšanos (arī atgremošanas pārtraukumu).

Jāatzīmē, ka priekškuņģu kustības saglabājas arī pēc priekškuņģu denervācijas, lai gan tās nav vairs tik saskaņotas. Jādoma, ka priekškuņģu kustības tiek regulētas arī automātiski, t. i., sakarā ar uzbudinājumu, kas rodas priekškuņģu sienā esošajās gangliju šūnās.

Atgremošana

Barību atgremotāji pavirši sakošļā un ātri norij. Barība nonāk spurekļa priekšelpā un no turienes spurekli. Pēc noteikta laika (parasti pēc 30...60 minūtēm) dzīvnieks barību atri, atkārtoti sakošļā un papildus saslapina ar siekalām. Barības atgremošana ilgst 40...60 minūtes. Atgremošanai beidzoties, dzīvnieks pēc 15...20 minūtēm no jauna uzņem barību. Pieaugušiem atgremotājiem diennaktī ir 6...8 atgremošanas periodi.

Teļiem atgremošana sākas apmēram 20. dienā pēc piedzimšanas, t. i., tad, kad tie sāk ēst rupjo barību un zaļbarību. Priekškuņģu ātrāku funkcionēšanu un līdz ar to atgremošanas ātrāku iestāšanos teļiem var izraisīt, izēdinot tiem govus gremokli, ar kuru priekškuņģos nokļūst mikroorganismi. Sajā gadījumā atgremošana teļiem iestājas jau 8...10. dienā pēc piedzimšanas (H. Beļenkijs).

Atgremošanas ārējā izpausme ir šāda: dzīvnieks pārtrauc elpošanu un izstiepj kaklu. Pie tam ir dzirdama īpatnēja skaņa un kakla kreisajā pusē var redzēt barības kumosa pārvietošanos pa barības vadu mutes dobuma virzienā. Kad barība nonāk mutes dobumā, dzīvnieks tūlīt norij visu šķidrumu, bet cieta barību rūpīgi sakošļā. Katru atrīto barības kumosu dzīvnieks košļā 20...60 s. Vienā minūtē dzīvnieks izdara 50...60 košļāšanas kustības. Pēc tam sakošļāto barības kumosu dzīvnieks norij. Kumoss nokļūst atpakaļ spureklī un aceknī un sajaucas ar pārējo barības putriņu. Pēc 3...5 s sākas nākamā barības kumosa atrīšana. Atrītā barības

kumosa masa govij ir 100...120 g. Aprēķināts, ka diennakti govš atgremo 40...60 kg priekškuņa satura.

Atgremošana ir sarežģīts reflektorisks akts, kuru izraisa spurekļa priekštelpas, acekņa un barības vada rievās mehānoreceptoru kairinājumi. Grāmatnieka, glumenieka un zarnu baroreceptoru kairinājumi izraisa atgremošanas kavēšanu. Impulsi, kas rodas, kairinot spurekļa un acekņa mehānoreceptorus, pa aferentajām (parasimpātiskajām) nervu šķiedrām nonāk iegarenajās smadzenēs novietotajā atgremošanas centrā, no turienes uzbudinājums pa motorajiem nerviem nokļūst muskuļos, kas piedalās barības atgremošanā. Atgremojot un rūpīgi sakošļājot barību, rupjo daļiņu daudzums priekškuņģos samazinās un tādēļ samazinās spurekļa un acekņa mehānoreceptoru kairinājumi. Vienlaikus paātrinās himusa pārvietošanās grāmatniekā un glumeniekā, kur pēc tam pastiprināti tiek kairināti baroreceptori. Līdz ar to atgremošana pārtraucas.

Atgremošanas procesu var pētīt, ja pa pietiekami platu spurekļa fistulu ievada roku un barības atgremošanas laikā aptausta spurekļa priekštelpu un barības vada atveri. Bez tam atgremošanas procesa norisi var novērot rentģenoskopiski. Pētot atgremošanas procesu, noskaidrots, ka barības kumosa atrišanas laikā dzīvnieks izdara ieelpas kustību, bet balsene ir noslēgta. Līdz ar to krūšu dobumā samazinās spiediens un barības vads krūšu daļā izplešas. Barības vadā rodas negatīvs spiediens, un paplašinātajā barības vada daļā no spurekļa priekštelpas iekļūst himuss. Himuss kairina barības vada gļotādu, izraisa barības vada slēdzēja kontrakciju un barības vada muskulatūras antiperistaltiku. Barības kumosa virzīšanās uz mutes dobuma pusi veicina izelpa. Izelpas laikā krūšu dobumā paaugstinās spiediens, kas krūšu daļā saspiež barības vadu.

Barības atgremošana ir bioloģiska piemērošanās, kas atgremotājiem izveidojusies evolūcijas procesā: sargājoties no plēsīgajiem zvēriem, dzīvnieks steigā uzņēma daudz barības un pēc tam drošā vietā to rūpīgi sakošļāja.

Atraugas

Atraugas (*ructus, eructatio*) ir reflektorisks akts. Barības rūgšanas procesā veidoto gāzu spiediens uz spurekļa sienām reflektoriski izraisa barības vada izplešanos. Kontrahējoties spurekļa muskulatūrai, gāzes iekļūst paplašinātajā barības vadā, bet no turienes mutes un deguna dobumā.

Govs normālos apstākļos stundā atraugājas 18...20 reizes, aita un kaza — 10 reizes. Pastiprinātas atraugas novērojamas, kad spureklī sakrājas vairāk gāzu. Atraugas izzūd, ja ir traucētas priekškuņģu kustības (spurekļa atonija) vai ir barības vada aizsprostojums. Ja zūd atraugas, dzīvnieks uzpūšas.

Greimošanas process glumeniekā

Barības pārstrāde glumeniekā, kura gļotāda izdala kuņģa sulu, ir līdzīga greimošanai suņa un citu mājdzīvnieku vienkameras kuņģī. Arī glumenieka motorika ir līdzīga vienkameras kuņģa kustībām.

Glumenieka dziedzeru sekrēcija norisinās nepārtraukti, jo parastos ēdināšanas apstākļos glumeniekā vienmēr atrodas barība, kas nepārtraukti ieplūst no priekškuņģiem (grāmatnieka). Glumenieka gļotādas dziedzeru sekreta sastāvā ir vairāk himozīna nekā vienkameras kuņģa sulā. Sevišķi daudz himozīna ir jauniem atgremotājiem (teļiem, jēriem, kazlēniem). Turpretī sālskābes koncentrācija jauno atgremotāju kuņģa sulā ir relatīvi maza.

Glumenieka gļotādas dziedzeru nepārtraukto sekrēciju pastiprina skābbarība, cukurbiešu ekstrakts un nātrijs hidroģēnkarbonāts (teļiem arī piens). Nātrijs hlorīds un tauki kavē glumenieka dziedzeru sekrēciju.

Līdztekus proteolītiskiem procesiem glumeniekā norisinās arī amilolīze, kuru veic baktēriju un barības fermenti. Lipolītiskie procesi glumeniekā ir ļoti vāji izteikti. Glumenieka dziedzeru sekretorās darbības intensitāti pastiprina mutes un rīkles dobuma receptoru kairinājumi. Bez tam glumenieka dziedzeru sekrēciju ietekmē arī nosacījuma reflektoriskie kairinātāji.

GREIMOŠANAS ĪPATNĪBAS ZIRGA KUŅĢĪ

Zirgam ir vienkameras kuņģis, un tajā izšķir trīs daļas: aklo maisu (*saccus cecus*), pamatu (*fundus*) un vārtnieku (*pylorus*). Aklais maiss ir samērā liels kuņģa paplašinājums, kas atrodas dorsāli un pa kreisi no barības vada ieejas. Tā gļotāda nesatur dziedzerus, un to uzskata par barības vada gļotādas turpinājumu kuņģī. Zirga kuņģa tilpums ir 6...15 l.

Kuņģa sula zirgam atdalās nepārtraukti, jo parastos ēdināšanas apstākļos zirga kuņģis nekad nav tukšs. Arī pēc 24 stundu badošanās zirga kuņģī vēl atrodas barība. Pētījumos noskaidrots, ka kuņģa sula zirgam izdalās arī tad, ja kuņģis ir pilnīgi tukšs, piemēram, pēc 2...2½ dienu ilgas badošanās. Dienaktī zirgam izdalās līdz 30 l kuņģa sulas. Kuņģa sulas visstiprāko sekrēciju zirgam izraisa klijas, bet visvājāko sekrēciju — siens. Nepārtraukto kuņģa sulas sekrēciju zirgam pastiprina reflektoriskie un humorālie kairinātāji. Zirga kuņģa dziedzeru sekretorās darbības pārmaiņas var izraisīt arī nosacījuma reflektoriskie kairinātāji.

Zirga kuņģī barība nogulsņējas slāņiem, pie tam uzņemtās barības pirmās porcijas nogulsņējas ap kuņģa sienām, bet nākamās porcijas iespiežas kuņģa himusā. Izdzertais ūdens zirga kuņģī neaizturas un pa tā ieliekto daļu (*curvatura minor*) ātri pāriet tievajās zarnās.

Tā kā barība zirga kuņģī netiek pietiekami intensīvi pārmaisīta, tad tūlīt pēc tās uzņemšanas kuņģa satura iekšējos slāņos, kur ir sārmaina reakcija, barības fermentu ietekmē sākas intensīvi amilolīzes procesi. Zirga kuņģa satura iekšējos slāņos darbojas arī rūgšanas baktērijas, kas noārda cieti un dažādus cukurus. Celuloze zirga kuņģī nesašķeļas. Ogļhidrātiem bakteriāli noārdoties, zirga kuņģī veidojas organiskās skābes (galvenokārt pienskābe) un gāzes (CO_2 , CH_4 , H_2). Tā kā zirgam barības vads atrodas slīpā stāvoklī pret kuņģa sienu, tad, gāzēm spiežot uz kuņģa sienām, saspiežas barības vads un gāzes neizdalās atraugu veidā. Ja zirga kuņģī norisinās ļoti intensīva rūgšana, tad gāzes sakrājas lielā daudzumā (galvenokārt aklajā maisā) un izraisa koliku lēkmes.

Kad kuņģa sula piesūcina visu kuņģa saturu, amilolītiskie procesi izbeidzas un proteolīze, kas sākumā norisinājās gar kuņģa sienām, aptver visu kuņģa himusu.

GREMOŠANAS IPATNĪBAS CŪKAS KUŅĢĪ

Cūkas kuņģis ir relatīvi liels un atgādina zirga kuņģi. Tajā vietā, kur zirgiem ir aklais maiss (*saccus cecus*), cūkai ir īpašs kuņģa izliekums (*diverticulum ventriculi*). Cūkai gandrīz visa kuņģa gļotāda satur dziedzerus un tikai neliela zona ap barības vada ieeju ir bez dziedzeriem.

Līdzīgi kā zirgiem, arī cūkām barība kuņģī nogulsņējas slāņiem. Kuņģa sula cūkām atdalās nepārtraukti (arī tad, kad kuņģī nav barības). Kuņģa dziedzeru sekrēcijas reflektoriskā fāzē cūkām ir izteikta ļoti labi un parasti turpinās 2...3 stundas pēc barības uzņemšanas. Sevišķi intensīvi kuņģa sula cūkām atdalās, ja tām ir liela ēstgriba.

No dažādiem barības līdzekļiem visintensīvāko kuņģa sulas sekrēciju cūkām izraisa skābbarība. Izēdinot cūkām raudzētu barību, kuņģa sulā palielinās sālskābes un pepsīna daudzums. Cūkas kuņģa sula ļoti intensīvi sarecina piena kazeinogēnu.

Barības sagremošanā cūkas kuņģī piedalās arī siekalu ptialīns un barības fermenti. Bez tam cūkas kuņģī notiek arī pienskābās rūgšanas procesi. Ogļhidrātu sagremošana cūkas kuņģī visintensīvāk norisinās kuņģa izliekumā un kardiālajā zonā.

GREMOŠANAS PROCESI TIEVAJĀS ZARNĀS

Tievās zarnas sastāv no trim nodalījumiem: divpadsmitpirkstu zarnas (*duodenum*), tukšās zarnas (*jejunum*) un gūžu zarnas (*ileum*). Tāpat kā kuņģa, arī zarnu siena

sastāv no serozas, muskuļu slāņa un gļotādas. Zarnu sienas muskuļu slānis ir veidots no divām muskuļu kārtām — gareniskās un cirkulārās (gredzeniskās). Tievo zarnu gļotāda veido cirkulāras krokas, un tai ir daudz bārkstiņu. Aizkuņģa dziedzera sulas, zarnu sulas, kā arī žults ietekmē tievajās zarnās norisinās tālākā barības sagremošana. Bez tam tievajās zarnās ļoti intensīvi notiek barības šķelšanās produktu, kā arī ūdens un minerālsāļu uzsūkšanās.

AIZKUŅĢA DZIEDZERA SEKRĒCIJA

Aizkuņģa dziedzera sulas sastāvs un īpašības

Aizkuņģa dziedzera sulai piemīt spēcīga amilolītiska, lipolītiska un proteolītiska aktivitāte. Tās fermenti sašķel 60...80% barības ogļhidrātu, tauku un olbaltumvielu.

Tira aizkuņģa dziedzera sula ir caurspīdīgs, bezkrāsains šķidrums ar bāzisku reakciju (pH 7,3...8,4). Govij diennaktī izdalās 3...7 l aizkuņģa dziedzera sulas, cūkai — vidēji 8 l, sunim — 0,2...0,3 l.

Mājdzīvnieku aizkuņģa dziedzera sula satur 10% sausnes (12...25 reizes vairāk nekā kuņģa sula); sulas blīvums ir 1,010. Aizkuņģa dziedzera sulas sausnes sastāvā ietilpst olbaltumvielas (albumīni, globulīni), peptoni, aminoskābes, tauki, NaCl, CaCl₂, NaHCO₃, Na₂HPO₄ un daudzas citas vielas. No organiskiem savienojumiem aizkuņģa dziedzera sulā visvairāk ir olbaltumvielu (līdz 5,5%) un no neorganiskiem savienojumiem — nātrija hidroģēnkarbonāta (līdz 0,7%).

Aizkuņģa dziedzera sula ir ļoti bagāta ar fermentiem, tajā ir tripsīns, himotripsīns, karboksipolipeptidāze, nukleāze, profamināze, dipeptidāze, lipāze, amilāze, maltāze, laktāze un saharāze.

Tripsīns izdalās neaktīvā tripsinogēna veidā. Tripsinogēna pārvēršanu tripsīnā veic īpašs ferments — enterokināze, kas veidojas tievo zarnu gļotādā (N. Sepovaļņikovs). Tripsīna ietekmē olbaltumvielas sašķeļas līdz peptīdiem un aminoskābēm. Tripsīna darbības optimālā reakcija ir pH 0,8...9,0, bet tas var darboties arī neitrālā un skābā vidē. Himotripsīns izdalās neaktīvā himotripsinogēna veidā. Himotripsinogēnu aktivizē enterokināze un tripsīns. Himotripsīns sašķel olbaltumvielas, kā arī to noārdīšanās produktus — polipeptīdus līdz aminoskābēm. Tā darbības optimālā reakcija ir pH 7...9. Karboksipolipeptidāze atšķel no polipeptīdiem aminoskābes, iedarbojoties uz polipeptīdu ķēdes galu, kur novietota karboksilgrupa. Nukleāze sašķel nukleīnskābes nukleotīdus. (Barības nukleoproteīdu šķelšanu nukleīnskābēs veic pepsīns un

tripsīns.) Dipeptidāze katalizē dipeptīdu, piemēram, glicilglicīna sadalīšanos aminoskābēs. Protamīnāze hidrolizē protamīnus.

Lipāze sadala taukus glicerīnā un taukskābēs. Tās darbību aktivizē žultsskābju sāļi, cisteīns un kalcija sāļi. Lipāzes darbības optimālā reakcija ir pH 8.

Amilāze sašķel cieti, glikogēnu un dekstrīnus līdz maltozei. Tās darbības optimālā reakcija ir pH 7. Aizkuņģa dziedzerā sulas amilāzes darbība ir ievērojami spēcīgāka nekā siekalu amilāzes darbība. Maltāze hidrolizē maltozi līdz glikozei. Laktāze sašķel piena cukuru laktozi līdz glikozei un galaktozei. Saharāze hidrolizē saharozi līdz glikozei un fruktozei.

Aizkuņģa dziedzera sekrēcijas regulācija

Ja gremošana nenotiek, aizkuņģa dziedzera sula neizdalās vai arī izdalās ļoti niecīgā daudzumā.

Uzņemot barību, aizkuņģa dziedzera sulas izdalīšanās sākas jau 2...5 minūtes pēc barības uzņemšanas sākuma un atkarībā no barības sastāva turpinās 6...14 stundas.

Līdzīgi kā kuņģa sulas atdalīšanās, arī aizkuņģa dziedzera sulas sekrēcija norisinās divās fāzēs — reflektoriskajā un neirāli ķīmiskajā (neirāli humorālā) fāzē.

Aizkuņģa dziedzera sekrēcijas reflektoriskā regulācija. Barībai kairinot mutes un rīkles dobuma receptorus, iestājas aizkuņģa dziedzera reflektoriska sekrēcija. Šajā gadījumā aferentie impulsi no mutes un rīkles dobuma receptoriem nokļūst iegarenajās smadzenēs, bet no turienes uz aizkuņģa dziedzeri pa parasimpātisko un simpātisko nervu šķiedrām tiek novadīti eferentie impulsi. Aizkuņģa dziedzera reflektorisko sekrēciju ļoti labi var novērot ezofagotomētām dzīvniekam (šķietamās barošanas laikā), kuram ir ierīkota arī hroniskā aizkuņģa dziedzera izvadkanāla fistula.

Aizkuņģa dziedzeri inervējošā klejotājnervā izšķir divējādas nervu šķiedras: uzbudinātājas un kavētājas šķiedras (I. Pavlovs). Aizkuņģa dziedzera sekrēcijas kavētājas nervu šķiedras var viegli uzbudināt reflektoriski, kairinot dažādus ķermeņa receptorus, piemēram, ādas jušanas receptorus. Līdz ar to aizkuņģa dziedzera sekretoro darbību var viegli kavēt.

Aizkuņģa dziedzera sulas daudzums, kas atdalās reflektoriskā fāzē, ir samērā neliels, bet šī sula ir bagāta ar organiskām vielām (līdz 7...8%) un fermentiem. Uzskata, ka aizkuņģa dziedzera sekretorie nervi regulē ne tik daudz aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanos, kā trofiskos procesus (sekretorā materiāla uzkrāšanos un sekreta graudiņu noārdīšanos) aizkuņģa dziedzera sekretorās šūnās (I. Razenkovs).

Aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanos izraisa arī barības izskats, barības smarža un vesela virkne citu faktoru, kas saistīti ar barības uzņemšanu. Aizkuņģa dziedzera sulas sekrēciju cilvēkam var izraisīt arī sarunas par ēšanu (K. Bikovs un G. Davidovs). Tas liecina, ka aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanās tiek regulēta arī ar nosacījuma refleksiem.

Tādējādi aizkuņģa dziedzera sākotnējo uzbudinājumu izraisa beznosacījuma un nosacījuma kairinātāji, un, tāpat kā kuņģa dziedzeru, arī aizkuņģa dziedzeru sekretorās darbības pirmā fāze ir salikti reflektoriska.

Aizkuņģa dziedzera sekrēcijas neirāli ķīmiskā regulācija. I. Pavlova laboratorijā pirmo reizi novērots, ka pēc sālsskābes ievadīšanas divpadsmitpirkstu zarnā pastiprinās aizkuņģa dziedzera sekrēcija.

Sālsskābes iedarbības mehānismu uz aizkuņģa dziedzera sekretoro darbību izpētīja angļu fiziologi Beiliss un Starlings (1902). Viņi noskaidroja, ka divpadsmitpirkstu zarnas gļotādas epiteliālās šūnas izstrādā īpašu vielu — prosekretīnu, kas kuņģa sulas sālsskābes ietekmē pārvēršas aktīvā savienojumā — sekretīnā. Sekretīns uzsūcas asinīs un ar asinīm tiek piegādāts aizkuņģa dziedzera sekretorajām šūnām, izraisot to uzbudinājumu un līdz ar to intensīvu aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanos. Sekretīns uzbudina tikai aizkuņģa dziedzera sekretorās šūnas un neiedarbojas uz citiem gremošanas dziedzeriem.

Sekretīns tagad ir iegūts tīrā (kristāliskā) veidā. Pēc savas uzbūves tas ir polipeptīds, kura molekulasmasa 5000.

Bez sālsskābes prosekretīnu aktivizē arī dažādas organiskās skābes, to skaitā taukskābes. Tāpat darbojas arī taukskābju sāļi (ziepes). Tādēļ tauku sagremošanas produkti, veicinot sekretīna veidošanos, stimulējoši iedarbojas uz aizkuņģa dziedzera sekrēciju. Bez tam tauki pastiprina aizkuņģa dziedzera sekretoro darbību arī reflektoriski, kairinot kuņģa *pylorus* gļotādas receptorus.

Divpadsmitpirkstu zarnas gļotādas ekstraktā nesen atrasts pankreozimīns, kas pastiprina fermentu veidošanos aizkuņģa dziedzera sekretorajās šūnās, neietekmējot aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanās intensitāti.

Humorālā faktora lomu aizkuņģa dziedzera sekretorajā darbībā var pierādīt, pārstādot (transplantējot) aizkuņģa dziedzeri citā ķermeņa vietā, piemēram, kakla apvidū zem ādas. Šajā gadījumā aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanās sākas tad, kad kuņģa saturs nokļūst divpadsmitpirkstu zarnā.

Pētījumos noskaidrots, ka ķīmiskās vielas uz aizkuņģa dziedzera sekretorajām šūnām iedarbojas nevis tieši, bet caur simpātisko nervu sistēmu. To var pierādīt, izslēdzot ar ergotoksīnu simpātisko nervu sistēmu. Ja tādām dzīvniekam divpadsmitpirkstu zarnā ievada sālsskābi, tad tā neizraisa aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanos. Tas dod pamatu uzskatīt otro aizkuņģa dziedzera sekrēcijas fāzi par neirāli ķīmisku.

Jāatzīmē, ka aizkuņģa dziedzera sekrēciju stimulē arī kuņģa mehānoreceptoru kairinājums (kuņģa sienu izstiepšana ar barību).

Aizkuņģa dziedzera sula, kas atdalās neirāli ķīmiskajā fāzē, satur mazāk organisko vielu un fermentu, bet vairāk sārmu nekā tā sula, kas izdalījiesies reflektoriskās sekrēcijas laikā.

Tā kā aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanos stimulē sāļsskābe, tad aizkuņģa dziedzera sekrēcijas intensitāte ir atkarīga no kuņģa sulas daudzuma, kas nonāk divpadsmitpirkstu zarnā. Līdz ar to liknes, kas attēlo aizkuņģa dziedzera sekrēciju, uzņemot dažādus barības līdzekļus, ir līdzīgas kuņģa sulas sekrēcijas līknēm. Tā, piemēram, sunim aizkuņģa dziedzera sula visintensīvāk atdalās, ēdot maizi, bet vismazāk, uzņemot pienu.

Aizkuņģa dziedzera sekrēcijas īpatnības atgremotājiem, cūkām un zirgiem

Aizkuņģa dziedzera sulas sastāvs, kā arī tās atdalīšanās mehānisms atgremotājiem, cūkām un zirgiem ir tāds pats kā sunim. Jāatzīmē tikai, ka lauksaimniecības dzīvniekiem aizkuņģa dziedzera sekrēcija norisinās nepārtraukti, tāpat kā nepārtraukti tiem atdalās kuņģa sula. Barības uzņemšanas laikā šī aizkuņģa dziedzera sulas nepārtrauktā atdalīšanās pastiprinās. Bez tam ir novērots, ka atgremotājiem un cūkām aizkuņģa dziedzera sekrēcija pastiprinās arī nosacījuma kairinātāju ietekmē, piemēram, ieraugot barību. Turpretī sāpju kairinātāju ietekmē aizkuņģa dziedzera sekretorā darbība tiek kavēta.

Pētījumos noskaidrots, ka, izēdinot atgremotājiem spēkbarību, palielinās aizkuņģa dziedzera sulas amilāzes un tripsīna aktivitāte. Izēdinot atgremotājiem sienu un salmus, aizkuņģa dziedzera sulā palielinās amilolītisko, bet samazinās proteolītisko un lipolītisko fermentu aktivitāte. Zirgiem visintensīvāko aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanos izraisa kviešu klijas un auzas, bet visvājāko — siens.

ŽULTS VEIDOŠANĀS UN IZDALĪŠANĀS

Žults ir aknu šūnu sekrēcijas produkts, kas izdalās divpadsmitpirkstu zarnā. Aknu šūnās žults veidojas nepārtraukti, bet divpadsmitpirkstu zarnā ieplūst tikai barības gremošanas periodā. Ja gremošanas process nenotiek, žults nokļūst un sakrājas žultspūslī, veidojot pūšļa žulti.

Žultspūslis (*vesica fellea*) ir visiem mājdzīvniekiem, izņemot zirgu. Žultspūšļa vads (*ductus cysticus*) savienojas ar

aknu žultsvadu (*ductus hepaticus*) un izveido kopēju žultsvadu (*ductus choledochus*). Zīrgam ir tikai aknu žultsvads (*ductus hepaticus*).

Žults sastāvs un īpašības

Pēc ārējā izskata un īpašībām pūšļa žults atšķiras no aknu žults. Žultspūslī uzsūcas ūdens, žults tajā kļūst koncentrētāka. Diennaktī žults koncentrācija žultspūslī palielinās 7...10 reizes. Bez tam pūšļa žultij piejaucas žultspūšļa gļotādas atdalītās gļotas, kas satur daudz mucīna.

Pūšļa žults ir biezs, staipīgs, nedaudz duļķains šķidrums. Tās blīvums ir 1,026...1,048, pH — 6,8. Sausnes saturs tajā ir 10...22%.

Aknu žults ir ūdeņains, caurspīdīgs šķidrums. Tās blīvums ir 1,009...1,013, pH — 7,5. Sausnes saturs tajā ir 1...5%.

Gaļēdājiem žults ir sarkani dzeltens, bet zālēdājiem brūngani zaļa līdz tumši zaļai. Visēdājiem (cūkām) žults ir brūngani dzeltens. Salīdzinājumā ar aknu žulti pūšļa žults ir tumšāka. Atsevišķos gadījumos tā var būt tumši brūna vai pat melna.

Žults sausnes sastāvā ietilpst žults pigmenti, žultsskābes, mucīns, holesterīns, fosfatīdi (lecitīns), pārzeļpotie, kā arī brīvie tauki. Bez tam žults satur olbaltumvielu noārdīšanās produktus (urīnvielu, urīnskābi, purīna bāzes u. c.), Na, K, Ca, Mg hlorīdus, karbonātus un fosfātus, kā arī gāzes (CO₂, O₂). Nelielā daudzumā žulti atrodas arī fermenti (amilāze, proteāze, lipāze).

Žults pigmenti un žultsskābes ir žults specifiskas sastāvdaļas.

Žults pigmenti ir bilirubīns un tā oksidācijas produkts — biliverdīns. Bilirubīns ir sarkani dzeltens, bet biliverdīns zaļš. Žults pigmenti ir hemoglobīna noārdīšanās produkti, tie veidojas aknu kapilāru zvaigžņveida jeb Kupfera šūnās. No žults pigmentiem veidojas urīna un izkārnījumu pigmenti — urobilīns un sterkobilīns. Saindējoties ar indēm, kas izraisa pastiprinātu eritrocītu noārdīšanos, vai arī slimojot ar slimībām, kas saīs-

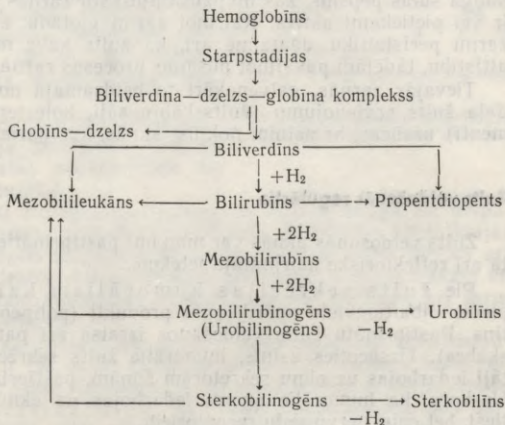
4. tabula

Dzīvnieku pūšļa žults sastāvs

Žults sastāvdaļas (g/100 ml)	Govs	Cūka	Suns
Ūdens	89,4	81,1—88,5	77,6—88,6
Sausne	10,6	11,5—18,9	11,4—22,4
Žultsskābju sāļi	7,2	8,5—12,0	7,9—15,0
Lecitīns	0,52	1,2—2,9	2,3—7,0
Holesterīns	0,04	0,13—0,18	0,08—0,1
Olbaltumvielas (galvenokārt mucīns)	0,42	0,28—0,41	2,19—0,52
Bilirubīns	0,04	0,03—0,06	0,09—0,17

titas ar eritrocītiem un izraisa to sabrukšanu, žults pigmentu koncentrācija žultī stipri palielinās. Ja ir traucēta žults izdalīšanās divpadsmitpirkstu zarnā, žults pigmenti var uzsūkties asinīs un nogulsneties ādas, acs konjunktīvas vai citās šūnās, nokrāsojot tās dzeltenas (dzeltenā kaite).

Hemoglobīna noārdīšanās shēma



Žultsskābēs ir holānskābes derivāti — holskābe, dezoksiholskābe, litholskābe. Žultī tās atrodas pāroto savienojumu veidā ar glikokolu un taurīnu, veidojot glikoholskābi, tauroholskābi, glikodezoksiholskābi un taurodezoksiholskābi.

Govij diennaktī izdalās 2...6 l žults, zirgam — 5...6 l, aītai — 0,3...0,4 l, sunim — 0,25...0,3 l.

Žults nozīme gremošanā

Gremošanas procesā žultij ir svarīga un daudzveidīga nozīme. Žultsskābes (žultsskābju sāļi) sakarā ar to spēju samazināt virsmas spraigumu emulgē taukus, līdz ar to palielina tauku un lipāzes saskares virsmu un tādējādi veicina tauku šķelšanu. (Pārvēršot 1 ml sviesta emulsijā, kuras tauku lodiņu diametrs ir 3 μm, tauku virsma palielinās 40 000 reizi.) Bez tam žultsskābes aktivizē lipāzes, kā arī proteolītisko un amilolītisko fermentu darbību. Svarīga nozīme žultsskābēm ir augstāko taukskābju uzsūkšanās procesā. Žultsskābes ar augstākajām taukskābēm veido kompleksus

savienojumus, kas labi šķīst ūdenī un tādēļ viegli uzsūcas. Augstākās taukskābes, piemēram, oleīnskābe, palmitīnskābe, stearīnskābe u. c., pašas par sevi ir ūdenī nešķīstošas un, ja nav žultskābju, neuzsūcas. Nonākot divpadsmitpirkstu zarnā, žults stimulē aizkuņģa dziedzera sulas izdalīšanos un inaktivizē pepsīnu, pasargājot tripsīnu no tā iedarbības; tripsīnu ļoti intensīvi sašķel kuņģa sulas pepsīns, kas divpadsmitpirkstu zarnas sākuma posmā ir vēl pietiekami aktīvs. Kairinot zarnu gļotādu, žults pastiprina zarnu peristaltiku. Jāatzīmē arī, ka žults kavē mikroorganismu attīstību, tādējādi pavājinot pūšanas procesus zarnās.

Tievajās zarnās, galvenokārt to beidzamajā nodaļumā, liela daļa žults savienojumu (žultsskābju sāļi, holesterīns, žults pigmenti) uzsūcas, ar asinīm nokļūst aknās, kur pāriet atpakaļ žultī.

Žults veidošanās regulācija

Žults veidošanās aknās var manāmi pastiprināties kā humorālo, tā arī reflektorisko kairinātāju ietekmē.

Pie žults sekrēcijas humorāliem kairinātājiem pieder olbaltumvielu noārdīšanās produkti (polipeptīdi) un sekretīns. Pastiprinātu žults veidošanos izraisa arī pati žults (žultsskābes). Uzsūcoties asinīs, humorālie žults sekrēcijas uzbudinātāji iedarbojas uz aknu sekretorām šūnām, pastiprinot to darbību. Uzskata, ka humorālie aģenti iedarbojas uz aknu šūnām nevis tieši, bet caur nervu galu receptoriem.

Žults veidošanos reflektoriski pastiprina kuņģa mehānoreceptoru kairinājums. Tas apstākļi, ka žults veidošanās pastiprinās, kairinot klejotājnervu, norāda, ka klejotājnervē atrodas šī refleksa eferentais ceļš. K. Bikova laboratorijā izdevies izstrādāt arī nosacījuma refleksus žults veidošanās pastiprināšanai. Tā, piemēram, atkārtoti ievadot sunim asinīs žults dzinējvielas (*cholagoga*), piemēram, žultsskābes, pastiprināta žults sekrēcija iestājas, tiklīdz rodas apstākļi, kuros notika žults dzinējvielu ievadīšana.

Žults izdalīšanās

Žults izdalīšanās divpadsmitpirkstu zarnā sākas noteiktā laikā pēc barības uzņemšanas. Sunim, dzerot pienu, žults sāk izdalīties pēc 8...20 minūtēm. Sākumā divpadsmitpirkstu zarnā ieplūst koncentrētāka-pūšļa žults. Žults ieplūst no žultspūšļa divpadsmitpirkstu zarnā žultspūšļa muskulatūras kontrakciju un vienlaicīgi kopējā žultsvada slēdzēja (*m. sphincter Oddi*) atslābuma rezultātā. Kad žultspūslis ir iztukšojies, divpadsmitpirkstu zarnā žults iekļūst tieši no aknām.

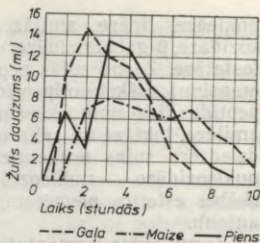
Žultspūšļa muskulatūru, kā arī kopējā žultsvada slēdzēju inervē parasimpātisko un simpātisko nervu šķiedras. Parasimpātisko nervu šķiedru kairinājums izraisa žultspūšļa muskulatūras kontrakcijas un kopējā žultsvada slēdzēja atslābumu. Līdzīgi darbojas arī holīna preparāti, piemēram, acetilholīns. Savukārt simpātisko nervu šķiedru kairinājums kavē žultspūšļa muskulatūras kustības.

Žultspūšļa muskulatūras kontrakcijas un kopējā žultsvada slēdzēja atslābumu izraisa reflektoriskie un humorālie kairinātāji.

Reflektoriski žultspūšļa iztukšošanas izraisa kuņģa un divpadsmitpirkstu zarnas gļotādas kairinājumi. Žultspūšļa kontrakcijas un līdz ar to žults iekļūšanu divpadsmitpirkstu zarnā izraisa arī nosacījuma reflektoriskie kairinātāji, piemēram, barības izskats un smarža. Cilvēkam žultspūšļa iztukšošanās var iestāties, arī sarūnājoties par ēdieniem.

Humorālie kairinātāji, kas izraisa žults iekļūšanu divpadsmitpirkstu zarnā, ir tās pašas ķīmiskās vielas, kas ierosina žults veidošanos. Amerikāņu fiziologs Aivi atklājis un izpētījis īpašu vielu — holecistokinīnu, kas rodas divpadsmitpirkstu zarnas gļotādā kuņģa sulas sāļsskābes, taukskābju, olbaltumvielu sagremošanas produktu un dažu citu vielu ietekmē. Uzsūcoties asinīs, holecistokinīns izraisa žultspūšļa kontrakcijas un tā iztukšošanas gremošanas laikā.

Noskaidrots, ka visintensīvāko žults izdalīšanos izraisa tauki, bet visvājāko — oghidrāti (13. att.).



13. att. Žults atdalīšanās sunīm, ja tam izēdina gaļu, maizi un pienu.

ZARNU DZIEDZERU SEKRĒCIJA

Tievo zarnu gļotādā atrodas divējāda veida dziedzeri, kuri ražo un izdala zarnu sulu: 1) Brunnera dziedzeri, kas atrodas divpadsmitpirkstu zarnas sākuma posmā, un 2) Liberķina dziedzeri, kas izkaisīti pa visu tievo zarnu traktu.

Zarnu sulas sastāvs un īpašības

Tīra zarnu sula ir duļķains, bezkrāsains šķidrums ar sārmainu reakciju. Govij zarnu sulas pH ir 8,3...8,5, zirgam — 8,2...8,7. Zarnu sulas blīvums ir 1,005...1,015.

Zarnu sula bagāta ar fermentiem. Tajā atrodas peptidāzes (aminopoliipeptidāze, dipeptidāze, iminopeptidāze, prolināze), argināze,

nukleāze, lipāze, amilāze, laktāze, invertāze (saharāze), α -glikozidāze, β -galaktozidāze, α -dekstrināze, nukleotidāze, nukleozidāze, fosfatāze. Zarnu sulas peptidāzes (agrāk to maisījumu sauca par erepsīnu) sašķel polipeptīdus (albumozes un peptonus), kā arī dipeptīdus līdz aminoskābēm. Zarnu sulas argināze, nukleāze, lipāze, amilāze, laktāze un saharāze darbojas līdzīgi attiecīgiem aizkuņģa dziedzera sulas fermentiem. Nukleotidāze sašķel nukleotīdus un nukleozidāze — nukleozīdus. Zarnu sulas fosfatāze sašķel fosforskābes esterus, piemēram, heksozofosfātu, atbrīvojot fosforskābes anjonu.

Zarnu sulas fermentatīvais sastāvs mainās atkarībā no barības rakstura. Tā, piemēram, uzņemot barību, kas satur daudz olbaltumvielu, zarnu sulā palielinās peptidāžu saturs un samazinās ogļhidrātu sadalītāju fermentu daudzums. Pretēja parādība novērojama, uzņemot ar ogļhidrātiem bagātu barību.

Bez fermentiem zarnu sula satur mucīnu, albumīnus, globulīnus, taukus, holesterīnu un dažādus neorganiskos sāļus (NaCl, Na_2CO_3 u. c.).

Zarnu dziedzeru sekrēcijas regulācija

Zarnu dziedzeru sekrēcijas ierosinātāji ir mehāniskie un ķīmiskie kairinātāji, kas iedarbojas uz zarnu gļotādu.

Zarnu gļotādu mehāniski kairina barības (himusa) cietās daļiņas, bet pie ķīmiskiem kairinātājiem pieder kuņģa sula (sālskābe), aizkuņģa dziedzera sula, olbaltumvielu noārdīšanās produkti (albumozes, peptoni), laktoze, taukskābes un to sāļi, žultskābes, ēteris, kalomels un citas vielas.

Fizikālie un ķīmiskie kairinātāji izraisa zarnu dziedzeru sekrēciju tikai tajā zarnas daļā, uz kuras gļotādu tie iedarbojas. Eksperimentāli to var pierādīt dzīvniekam, kuram izolēti divi zarnas gabali. Kairinot vienu izolētās zarnas cilpu, piemēram, ievadot tajā gumijas cauruli, otrā izolētā zarnas cilpā nav nekāda efekta.

Mehāniskā zarnas gļotādas kairināšana izraisa intensīvu zarnu sulas atdališanos, kas satur relatīvi maz fermentu un daudz gļotu. Zarnu sulas fermentatīvais sastāvs ir atkarīgs no ķīmiskā kairinātāja rakstura. Tā, piemēram, aizkuņģa dziedzera sula, kairinot zarnu gļotādu, izraisa enterokināzes satura palielināšanos zarnu sulā; taukskābes un to sāļi (ziepes) pastiprina lipāzes izdališanos; olbaltumvielu sagremošanas produkti (polipeptīdi) stimulē peptidāžu koncentrācijas pieaugumu zarnu dziedzeru sekrētā; piena cukurs — laktoze izraisa laktāzes izdališanos.

Uzskata, ka fizikālie un lokālas iedarbības ķīmiskie kairinātāji izraisa zarnu gļotādas dziedzeru uzbudinājumu reflektoriski. Reflekss šajā gadījumā aptver īsos reflektoriskos ceļus, kurus veido tievo zarnu sienā novietotās nervu šūnas. Tās ir bipolārās jušanas šūnas (Dogela otrā tipa nervu šūnas) un nervu šū-

nas, kas pieder pie parasimpātiskās nervu sistēmas (parasimpātiskās nervu sistēmas perifēriskie neironi).

Noskaidrots, ka zarnu dziedzeru sekrēcijā attiecīga loma ir arī centrālajai nervu sistēmai. Tā, piemēram, kairinot klejotājnervu, pastiprinās zarnu dziedzeru sekrēcija un zarnu sulā palielinās fermentu saturs (V. Savičs). No tā var secināt, ka klejotājnervam ir sekretoriska un trofiska ietekme uz zarnu dziedzeriem.

Pētījumos noskaidrots, ka zarnu dziedzeru sekretoro darbību var izraisīt ne tikai reflektoriski, bet arī tīri humorāli. Tā, piemēram, taukskābes un gaļas ekstraktvielas, uzsūcoties asinīs, iedarbojas uz zarnu dziedzeru sekretorajām šūnām un stimulē zarnu sulas atdalīšanos. Bez tam tievo zarnu gļotādā veidojas īpaša viela — enterokrīns, kas arī humorāli uzbudina zarnu dziedzeru sekretoro darbību.

TIEVO ZARNU KUSTĪBAS

Zarnu motorika nodrošina barības masu (himusa) pārmaisīšanu un pārvietošanu cauri zarnu traktam. Zarnu kustības notiek, kontrahējoties zarnu sienas gareniskajām un cirkulārajām (gredzeniskajām) muskuļšķiedrām.

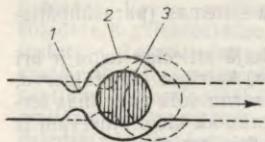
Zarnu motorikā izšķir svārstveida, segmentācijas un peristaltiskās kustības.

Zarnu svārstveida kustības novērojamas atsevišķā zarnas nodalījumā, kurā tā gan pagarinās, gan saīsinās. Šīs kustības ir saistītas ar ritmiskām garenisko muskuļšķiedru kontrakcijām. Kontrahējoties gareniskajām muskuļšķiedrām, attiecīgais zarnas nodalījums saīsinās un tajā pašā laikā izplešas, bet, gareniskajām muskuļšķiedrām atslābstot, zarna pagarinās un sašaurinās.

Zarnu segmentācijas kustības ir saistītas ar gredzenisko muskuļšķiedru kontrakcijām. Gredzenisko muskuļšķiedru kūliši, vienlaicīgi kontrahējoties nelielā attālumā cits no cita, veido gredzenveida iežmaugas un tādējādi sadala barības putriņu (himusu) atsevišķās porcijās. Šo gredzenisko muskuļšķiedru kontrakcijām izbeidzoties, saraujas citi blakus esošie gredzenisko muskuļšķiedru kūliši, kas līdz tam bija atslābuši.

Zarnu svārstveida un segmentācijas kustības ir savstarpēji saistītas; tās norisinās pamišus un noteiktā ritmā. Tievo zarnu sākuma daļās to frekvence sasniedz 15...20 kustību un beigu daļās — 5...10 kustību minūtē. Šīs zarnu kustības sekmē himusa sajaukšanu ar gremošanas sulām.

Zarnu peristaltisko kustību norisē atsevišķā zarnas nodalījumā (plašākā nekā segmentācijas gadījumā) rodas stipra gredzenisko muskuļšķiedru kontrakcija, veidojot šajā zarnas daļā iežmaugu. Zarnām kontrahējoties, himuss nokļūst zemāk esošajā zarnas nodalījumā, kur tajā pašā laikā notiek garenisko muskuļšķiedru kontrakcija un līdz ar to zarnas dobuma paplašināšanās un spiediena



14. att. Zarnu peristaltiskās kustības shēma:

1 — gredzenisko muskuļšķiedru kontrakcijas vieta, 2 — garenisko muskuļšķiedru kontrakcijas vieta, 3 — barības kūmass. Bultīna norāda peristaltikas viļņa virzienu.

samazināšanās. Pēc tam saraujas šī paplašinātā zarnas daļa un iespiež saturu nākamajā, zemāk esošajā paplašinājumā. Sāds garenisko un gredzenisko muskuļšķiedru kontrakciju vilnis pārvietojas pa tievajām zarnām un virza barības putriņu resno zarnu virzienā. Pa tievajām zarnām parasti vienlaicīgi izplatās vairāki peristaltiskie viļņi, pārvietojoties ar ātrumu 1...2 cm minūtē. Laiku pa laikam cauri visam tievo zarnu kanālam pārvietojas spēcīgi peristaltiskie viļņi ar ātrumu 10...25 cm minūtē (14. att.).

Zarnu muskulatūru uzbudina mehāniskie un ķīmiskie kairinātāji, iedarbojoties uz zarnu sienā novietotajām Auerbaha pinuma (*plexus myentericus*) nervu šūnām. Zarnu muskulatūras mehāniskie kairinātāji ir barības himusa cietās daļiņas, piemēram, kokšķiedras gabaliņi. Pie ķīmiskajiem kairinātājiem pieder histamīns, žults, sārmis, vājas koncentrācijas skābes un daži citi savienojumi. Savukārt stipras koncentrācijas skābes zarnu kontrakcijas pavājina vai pat pavisam tās pārtrauc. Kavējoši uz zarnu muskulatūras kontrakcijām iedarbojas arī jonizējošā apstarošana.

Zarnu motoriku regulē centrālā nervu sistēma caur klejotājnervu un simpātiskajiem nerviem. Kairinot klejotājnerva šķiedras, pieaug zarnu muskulatūras tonuss un pastiprinās zarnu kustības, bet simpātisko nervu šķiedru kairinājums izraisa pretēju efektu. Līdzīgi klejotājnervam darbojas acetilholīns, bet līdzīgi simpātiskajiem nerviem — adrenalīns. Ļoti niecīgā koncentrācijā, piemēram, $1:10^{11}$, adrenalīns paaugstina zarnu tonusu un stimulē to motoriku.

Atkarībā no zarnu muskulatūras funkcionālā stāvokļa, nervu šķiedru kairinājuma stipruma, vielu maiņas norisēm organismā un citiem faktoriem parasimpātisko un simpātisko nervu ietekme uz zarnu motoriku var mainīties un nesaskanēt ar iepriekš minēto ietekmi. Tā, piemēram, kairinot klejotājnerva šķiedras, kad zarnu peristaltika ir ļoti spēcīga, zarnu muskulatūras tonuss samazinās un zarnu kustības pavājinās.

Zināma ietekme uz zarnu motoriku ir arī galvas smadzeņu garozai. Noskaidrots, ka cilvēkiem, ieraugot ēdienu, gatavojoties ēšanai vai arī tikai sarunājoties par ēdienu, zarnu kustības pastiprinās. Bez tam ir zināms, ka daži organisma emocionālie stāvokļi, piemēram, dusmas, bailes, sāpes nomāc zarnu peristaltiku. Šajā gadījumā pastiprināti izdalās virsnieru serdes slāņa hormons adrenalīns, kas kavē zarnu kustības. Dažkārt stipras emocijas, piemēram, stipras bailes, izraisa spēcīgu peristaltiku, radot neirālo caureju klejotājnerva uzbudinājuma un pastiprinātās acetilholīna veidošanās rezultātā.

Jāatzīmē, ka zarnām piemīt zināmas automātijas spējas, piemēram, izgrieztā zarnas daļa siltā Ringera šķīdumā var kontrahēties stundām ilgi. Bez tam ir novērots, ka, denervējot zarnu traktu (pārgriežot visus zarnu nervus), zarnu kustības saglabājas.

GREMOŠANAS PROCESI RESNAJĀS ZARNĀS

Resnās zarnas sastāv no trim nodalījumiem: aklās zarnas (*cecum*), loka zarnas (*colon*) un taisnās zarnas (*rectum*).

Resno zarnu sienā izšķir tās pašas kārtas, kādas ir tievajās zarnās un kuņģī. Aklās zarnas, kā arī loka zarnas muskuļu slāņa garenskāš šķiedras vietām veido sabiezinājumus — tēnijas, kurām kontrahējoties zarnas saīsinās un to sienas starp tēnijām savelkas maisiņos, ko sauc par haustrām (haustras vislabāk izteiktas zirgiem un atgremotājiem). Resno zarnu gļotādā ir maz kroku, un, izņemot putnu resnās zarnas, tai nav bārkstīņu.

No tievajām zarnām resnās zarnas ir norobežotas ar slēdzēju (zirgiem) vai ar vārstuli (atgremotājiem, cūkām un suņiem).

BARĪBAS VIELU PĀRMAIŅAS RESNAJĀS ZARNĀS

Galējājiem gandrīz visas sagremojamās barības vielas tiek pārstrādātas kuņģī un tievajās zarnās. Resnajās zarnās noslēdzas tikai barības vielu uzsūkšanās un veidojas izkārnījumi. Visēdājiem un it īpaši zālēdājiem aklajā zarnā un loka zarnā nonāk vēl samērā daudz barības nesagremoto sastāvdaļu (galvenokārt celuloze), kas šeit intensīvi noārdās tievo zarnu himusa, kā arī baktēriju izdalīto fermentu ietekmē.

Resno zarnu gļotādas dziedzeri izdala sārmainu sekrētu, kas satur tādus pašus fermentus kā tievo zarnu sula (izņemot enterekināzi), bet tikai niecīgā daudzumā, tādēļ gremošanas procesu norisēs tiem ir mazsvarīga nozīme. Resno zarnu sula satur galvenokārt gļotas, ko izdala resno zarnu dziedzeru kausveida šūnas. Resnajās zarnās parasti izdalās neliels daudzums zarnu sulas, piemēram, sunim — 0,05...0,15 ml stundā. Resno zarnu sulas izdalīšanās izraisa galvenokārt resno zarnu gļotādas mehāniskie kairinājumi.

Aklajā zarnā, kā arī loka zarnas sākuma posmā himusa reakcija parasti ir sārmaina. Virzoties uz taisno zarnu, loka zarnas himusa reakcija no sārmainas mainās līdz vāji skābai.

Resnajās zarnās ir ļoti daudz baktēriju (apmēram 15 miljardi 1 g himusa), kas izraisa ogļhidrātu intensīvu rūgšanu un olbaltumvielu pūšanu. Daudzas resno zarnu baktērijas bez tam sintezē vitamīnus (biotīnu, piridoksīnu, folkābi, fillohinonu u. c.).

Mājdzīvniekiem aklajā zarnā un loka zarnā galvenokārt norisinās ogļhidrātu rūgšana, bet resno zarnu beidzamajā nodalījumā — taisnajā zarnā — pārsvarā ir pūšanas procesi.

Ogļhidrātiem rūgstot, resnajās zarnās veidojas tādi paši

produkti kā atgremotāju priekškuņģos — etiķskābe, propionskābe, sviestskābe un citas taukskābes, kā arī gāzes (CO_2 , CH_4 , H_2 , O_2). Sevišķi intensīva ogļhidrātu (galvenokārt celulozes un pentozānu) rūgšana notiek zirgu aklajā zarnā, kuras tilpums sasniedz 32... 40 l. Aklā zarna zirgam ir galvenā kokšķiedras noārdīšanās vieta, tajā sašķeļas 40... 50% barības kokšķiedras. Ne velti zirgu aklā zarnu sauc par «otro kuņģi». Zirgu aklajā zarnā darbojas tādi paši mikroorganismi (baktērijas un infuzorijas) kā atgremotāju priekškuņģos. Gaistošās taukskābes, kas zirgiem aklajā zarnā veidojas lielā daudzumā, tiek neutralizētas ar sārmainām gļotām, kuras izdala aklās zarnas gļotādas dziedzeri. Atgremotāju resnajās zarnās noārdās 15... 20% kokšķiedras (vidēji 30% visas sagremojamās kokšķiedras). Ogļhidrātu rūgšanas procesi norisinās arī cūku resnajās zarnās (tikai mazākā mērā nekā zirgiem un atgremotājiem).

Olbaltumvielu pūšana resnajās zarnās, it īpaši taisnajā zarnā, norisinās ļoti strauji. Pūšanas baktēriju izdalīto fermentu ietekmē olbaltumvielas noārdās līdz aminoskābēm, kas, šķeļoties tālāk šo pašu fermentu ietekmē, veido dažādus produktus, pa lielākai daļai indīgus dzīvnieka organismam. Sevišķi viegli pūšanas mikroorganismu ietekmei tiek pakļautas šādas aminoskābes: tirozīns, triptofāns, histidīns, cisteīns, cistīns, lizīns, arginīns. Olbaltumvielām pūstot, resnajās zarnās veidojas sērūdeņradis, metāns, metilmerkaptāns, ūdeņradis, amonjaks, ogļskābā gāze, feniletīķskābe, fenilpropionskābe, fenols, krezols, indols, skatols, oksifeniletilamīns u. c. Daudzas no šīm vielām, piemēram, fenols, krezols, indols un skatols, kas ir ļoti indīgi savienojumi, viegli uzsūcas asinīs. Nonākot aknās, šie produkti savienojas ar sērskābi vai glikuronskābi, veidojot nekaitīgus pārotus sērskābes vai glikuronskābes savienojumus (indoksilsērskābi, fenolglikuronskābi u. c.), kas izdalās no organisma ar urīnu.

Slavenais krievu biologs I. Mečņikovs uzskatīja, ka priekšlaicīgas novecošanās un nāves cēlonis ir organisma hroniska saindēšanās ar olbaltumvielu pūšanas produktiem, kuri uzsūcas resnajās zarnās. Lai ierobežotu pūšanas procesus resnajās zarnās, I. Mečņikovs ieteica uzturā lietot pēc iespējas vairāk tādu barību, kas nodrošina intensīvu rūgšanu, jo rūgšanas (it īpaši pienskābās rūgšanas) skābie produkti nomāc pūšanas baktēriju darbību. Spēcīgi pūšanas baktēriju apkarotāji ir acidofilie mikroorganismi, tādēļ acidofilo pienu (acidofilīnu) kā efektīvu ārstniecības līdzekli plaši lieto jauniem dzīvniekiem, ārstējot gremošanas trakta slimības.

RESNO ZARNU KUSTĪBAS

Tievo zarnu saturs resnajās zarnās pāriet atsevišķām porcijām. Tievo zarnu hīmusa pārvietošanos resnajās zarnās regulē ileocekālais slēdzējs (zirgiem) vai arī īpašs vārstulis (atgremotājiem, cūkām, suņiem).

Resno zarnu kustības ir līdzīgas tievo zarnu kustībām. To muskulatūras kontrakcijas ir tikai vājākas un norisinās lēnāk. Bez tam resnajās zarnās līdztekus peristaltikai ir novērojamas arī antiperistaltiskās kustības, kas nodrošina barības masu labāku pārmaisīšanu. Ileocekālais slēdzējs vai vārstulis, kas norobežo resnās zarnas no tievajām zarnām, neļauj resno zarnu saturam nokļūt atpakaļ tievajās zarnās.

Resno zarnu muskulatūrai vienmēr ir zināms tonuss, kuru pastiprina barības masas, mehāniski kairinot resno zarnu gļotādu.

Resno zarnu ekstramurālo inervāciju veic *n. hypogastricus* un *n. pelvicus* simpātiskās un parasimpātiskās šķiedras, kas sākas muguras smadzeņu jostas un krustu apvidos. Bez tam resnās zarnas inervē arī *n. vagus* šķiedras. Kāvējuma impulsi uz resno zarnu muskulatūru tiek novadīti galvenokārt pa *n. hypogastricus*, bet uzbudinājuma impulsi — pa *n. vagus* (resno zarnu sākuma daļām) un *n. pelvicus* (resno zarnu beigu daļai).

Resno zarnu muskulatūra spēj arī automātiski kontrahēties. Salīdzinājumā ar tievajām zarnām resno zarnu automātija tomēr ir vājāk izteikta.

IZKĀRNĪJUMU VEIDOŠANĀS

Ūdenim uzsūcoties, resno zarnu saturs pakāpeniski sabiezē, kļūst 15...20 reizes blīvāks un veido izkārnījumus.

Izkārnījumu formēšanos veicina resno zarnu sulas gļotas, kas salipina nesagremotās barības daļiņas. Resno zarnu satura intensīvas pārmaisīšanās dēļ izkārnījumu masa ir samērā vienvēidīga.

Izkārnījumu sastāvā ietilpst 1) nesagremotās barības daļiņas (keratīna veidojumi, celuloze, kas ir impregnēta ar silikātiem un sveķiem, hlorofils, nešķīstošie sāļi u. c.); 2) sagremotās, bet neuzsūktās barības vielas, piemēram, taukskābes; 3) atmirušā gļotādas epitēlija paliekas; 4) gremošanas sulu sastāvdaļas (fermenti, gļotas, žults pigmenti, žultsskābes u. c.); 5) baktērijas (galvenokārt nedzīvas), kas sastāda 30...50% no izkārnījumu masas; 6) ekskreti, kas izdalās no organisma caur gremošanas traktu (piemēram, kalcija fosfāts), un citas sastāvdaļas.

5. tabula

Izkārnījumu ūdens saturs un reakcija dažādu sugu dzīvniekiem

Dzīvnieks	Ūdens saturs (%)	Reakcija (pH)
Zirgs	75 (65—85)	6,4—7,4 (visbiežāk 6,5—6,8)
Govs	83,5 (78—89)	Mainīga (no skābas līdz sārmainai)
Aita un kaza	68 (56—75)	7,0—7,4
Cūka	55—75	Mainīga (no skābas līdz sārmainai)
Suns	60—80	

Zults pigmentu pārmaiņas produkti (sterkobilīns) piešķir izkārnījumiem raksturīgu krāsu. Izkārnījumu reakcija ir vāji skāba (dažreiz arī neitrāla vai vāji sārmaina).

Govs diennaktī izdala 15...45 kg izkārnījumu, aita — 1...3 kg, cūka — 0,5...2 kg. Diennaktī izdalītais izkārnījumu daudzums ir atkarīgs no barības sastāva. Tā, piemēram, ja sunim izēdina daudz maizes, diennaktī izdalās apmēram 900 g izkārnījumu, bet, ja tas pārtiek tikai no gaļas, diennaktī izdalītais izkārnījumu daudzums ir 27...40 g. Ja zirgu baro tikai ar sienu, tad diennaktī tam izdalās 16...18 kg izkārnījumu, bet, izēdinot sienu un auzas, — 9...10 kg.

DEFEKĀCIJA

Taisnās zarnas izeju (*anus*) noslēdz iekšējais un ārējais ānusa slēdzējs (*m. sphincter ani internus et externus*). Iekšējais slēdzējs sastāv no gludās muskulatūras, bet ārējais — no šķērsvītrotās. Abi ānusa slēdzēji vienmēr ir kontrahēti, tādēļ arī nenotiek izkārnījumu nepārtraukta izdalīšana.

Izkārnījumu masa, nonākot un sakrājoties loka zarnas beidzamajā daļā, kairina gļotādu un reflektoriski izraisa loka zarnas un taisnās zarnas muskulatūras kontrakcijas. Vienlaikus atslābst ānusa slēdzēji un notiek defekācija. Defekācijas aktu sekmē diafragmas un vēdera muskulatūras kontrakcijas.

Defekācijas norisi koordinē nervu centrs, kas atrodas muguras smadzeņu jostas daļā. Šis centrs pa vegetatīvajiem nerviem sūta eferentos impulsus uz muskuļiem, kas piedalās defekācijas aktā, pie tam pa parasimpātiskajām šķiedrām izplatās uzbudinājuma, bet pa simpātiskajām šķiedrām — kavējuma impulsi.

Muguras smadzeņu defekācijas centrs ir pakļauts galvas smadzeņu garozas ietekmei. Tādēļ cilvēki var apzināti aizturēt defekācijas aktu, kaut arī no resno zarnu receptoriem uz muguras smadzeņu defekācijas centru nāk uzbudinājuma impulsi. Arī dzīvniekus var pieradināt aizturēt defekācijas aktu. Ja pārgriež muguras smadzenes virs defekācijas centra, defekācija norisinās normāli, bet nav vairs pakļauta gribas ietekmei. No gribas neatkarīga ānusa slēdzēju atslābšana un defekācija cilvēkiem dažreiz ir novērojama dažos emocionālos stāvokļos, piemēram, stiprās bailēs.

Pārgriežot muguras smadzenes zem defekācijas centra, kā arī pēc šī centra iznīcināšanas ānusa slēdzēji atslābst un izkārnījumu izdalīšanās norisinās nepārtraukti, tiklīdz resno zarnu saturs pāriet loka zarnas beigu daļā. Pēc attiecīga laika šie defekācijas traucējumi var izzust, jo pastiprinās resno zarnu sienā esošo nervu gangliju darbība, kas automātiski nodrošina periodisku loka zarnas un taisnās zarnas iztukšošanu.

Defekācijas biežums ir atkarīgs no uzņemtās barības daudzuma, barības sastāva, ķermeņa kustībām un citiem faktoriem. Zirgiem

miera stāvoklī defekācija norisinās ik pēc 2...5 stundām (5...12 reizes diennaktī), govīm — nedaudz biežāk (10...20 reizes diennaktī). Gaļēdājiem, pārtiekot tikai no gaļas, defekācijas akts ir tikai vienu reizi 2...3 dienās. Ja gaļēdājiem izēdina jauktu barību, defekācijas akts tiem var iestāties vairākas reizes diennaktī.

Barības uzturēšanās ilgums gremošanas traktā ir atkarīgs no dzīvnieku sugas, barības rakstura un organisma funkcionālā stāvokļa.

Barības uzturēšanās ilgumu gremošanas traktā var noteikt, izēdinot dzīvniekiem nokrāsotu barību vai arī iezīmējot barību ar radioaktīviem izotopiem.

6. tabula

Barības uzturēšanās ilgums gremošanas traktā dažādu sugu dzīvniekiem

Apēstās barības izdalīšanas stadija	Govs	Cūka	Zirgs	Suns
Sākums	Apmēram pēc 25 stundām (izdalās apm. 5%)	12—13 stundas pēc rīta barošanas un 13—18 stundas pēc vakara barošanas	Pēc 21—24 stundām	20—28 stundas pēc vienreizējas barošanas
Maksimums	Apmēram pēc 90 stundām (izdalās apm. 80%)	Pēc 2—12 stundām	Apmēram pēc 24 stundām	Apmēram pēc 24 stundām
Beigas (no barības izvadīšanas sākuma)	Pēc 12—13 dienām	Pēc 4—5 dienām	Pēc 4—5 dienām	Pēc 1—2 dienām

GREMOŠANAS TRAKTA PERIODISKĀ DARBĪBA

Ja nenotiek barības gremošanas procesi (kad kuņģī un zarnās nav barības), ik pēc 1½...2½ stundām 10...30 minūšu laikā novērojamas spēcīgas kuņģa un zarnu kontrakcijas, kā arī kuņģa gļotu, aizkuņģa dziedzera sulas un žults izdalīšanās (V. Boldirevs).

Uzskata, ka šādu gremošanas trakta periodisku darbību ierosina humorālie kairinātāji, kas sakrājas izsalkušā organisma asinīs. Tā, piemēram, noņemot asinis izsalkušam sunim un ievadot tās paēduša suņa asinsrites sistēmā, paēdušajam sunim iestājas raksturīga gremošanas trakta funkciju periodiskā darbība jeb t. s. gremošanas trakta «bada periodika» (I. Cukičevs).

Jāatzīmē, ka visi tie faktori, kas pavājina gremošanas trakta «bada periodiku», nomāc arī izsalkuma sajūtu. Stiprs nogurums

vai arī ilgstoša badošanās var pilnīgi nomākt izsalkumu; šajā gadījumā nav novērojama arī gremošanas trakta «bada periodika». Tas liek domāt, ka gremošanas trakta «bada periodika» ir viens no faktoriem, kas nosaka izsalkuma sajūtas rašanos (sk. «Izsalkums un slāpes» 22. lpp.).

UZSŪKŠANĀS

Par uzsūkšanos sauc vielu iekļūšanu asinīs vai limfā no ārējās vides, ķermeņa dobumiem vai dobiem orgāniem caur vienu šūnu kārtu vai vairākām šūnu kārtām. Uzsūkšanās var norisināties caur ādu, gremošanas trakta gļotādu, bronhu gļotādu, plaušu alveolu sienu, vēdera un krūšu dobuma plēvēm, caur žultspūšļa sienu utt. Uzsūkties var arī vielas, kas ievadītas zemādas saistaudos un muskulatūrā. Fizioloģiski visnozīmīgākā tomēr ir dažādu vielu uzsūkšanās caur gremošanas trakta gļotādu.

Dažādos gremošanas trakta apvidos uzsūkšanās intensitāte ir stipri nevienāda un atkarīga no atsevišķu gremošanas trakta nodaļumu histoloģiskās struktūras, barības uzturēšanās ilguma tajos, kā arī no barības vielu noārdīšanās (sagremošanas) pakāpes attiecīgajā momentā.

Mutes dobumā, kā arī barības vadā barības vielu uzsūkšanās praktiski nenotiek. Kuņģī un divpadsmitpirkstu zarnā uzsūkšanās intensitāte ir vāja, lai gan atsevišķas vielas, piemēram, etilspirts, monosaharīdi (galvenokārt glikoze), ūdens, minerālsāļi, kā arī aminoskābes kuņģī var uzsūkties samērā ātri. Ļoti intensīvi notiek gaistošo taukskābju un dažu gāzveidīgo vielu (NH_3 , CO_2) uzsūkšanās atgremotāju priekškuņģos.

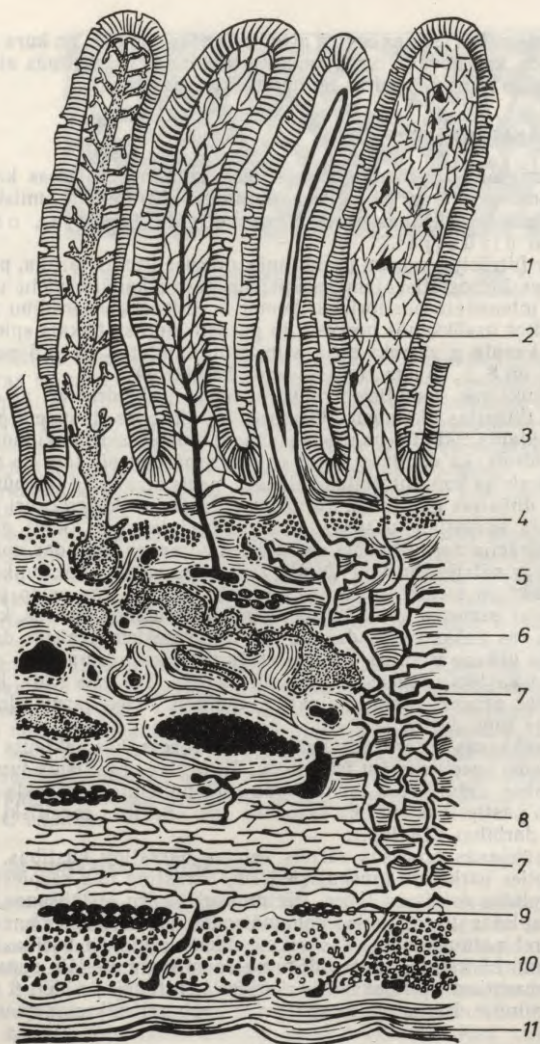
Visintensīvāk barības vielas uzsūcas tukšajā un gūžu zarnā, kur uzsūkšanās procesam ir vislabvēlīgākie apstākļi.

Uzsūkšanās norisinās arī resnajās zarnās, bet tā ir nevienāda dažādu sugu dzīvniekiem. Gaļēdājiem resnajās zarnās kaut cik ievērojamos apmēros uzsūcas tikai ūdens, bet zālēdājiem, kuriem resnajās zarnās norisinās vēl barības sagremošanas procesi, šeit samērā intensīvi uzsūcas taukskābes (to skaitā arī gaistošās taukskābes), monosaharīdi un olbaltumvielu noārdīšanās produkti.

Galvenais faktors, kas nodrošina intensīvu barības vielu uzsūkšanos tievajās zarnās, ir tievo zarnu gļotādas lielā uzsūcošā virsma. Sakarā ar tievo zarnu gļotādas krokojumu, kā arī īpašiem gļotādas mikroskopiskiem veidojumiem — bārkstiņām tievo zarnu iekšējā virsma ir 2...3 reizes lielāka par ķermeņa virsmas laukumu.

Gļotādas 1 mm² ir 18...40 bārkstiņu. Tievo zarnu bārkstiņu kopējā virsma govij sastāda 17 m², zirgam — 12 m² un sunim — 0,52 m².

Tievo zarnu bārkstiņas no virspuses ir pārklātas ar vienkārtaigu cilindrisku epitēliju, zem kura atrodas stroma ar asinsvadu



15. att. Tievo zarnu sienas griezumā shēma:

1 — zarnu bārktiņa, 2 — zarnu bārktiņas limfas dobums, 3 — Liberķina dziedzris, 4 — muscularis mucosae, 5 — plexus submucosus, 6 — submukoza, 7 — limfvadu pinums, 8 — muscularis propria cirkulāro muskuļšķiedru slānis, 9 — plexus myentericus gangliju šūnas, 10 — garenisko muskuļšķiedru slānis, 11 — seroza.

kapilāriem. Bārkstiņas centrā atrodas limfas dobums, no kura sākas limfvads, kas novada limfu apzarņa limfvados. Bārkstiņas atrodas arī gludās muskuļšķiedras un nervu šķiedras (15. att.).

UZSŪKŠANĀS MEHĀNISMS

Uzsūkšanās ir fizioloģisks process, kurā novērojamas kā fizikāli ķīmiskās, tā arī bioloģiskās parādības. No fizikāli ķīmiskajām parādībām uzsūkšanās procesā nozīme ir filtrācijai, osmozei un difūzijai.

Par filtrācijas nozīmi uzsūkšanās procesā liecina tas, ka, paaugstinoties hidrostatiskajam spiedienam zarnu kanālā, vielu uzsūkšanās intensitāte pastiprinās. Tomēr ar filtrācijas parādību nevar izskaidrot uzsūkšanās procesu, jo parasti hidrostatiskais spiediens zarnu kanālā ir zemāks nekā asinsvadu kapilāros (3...5 mm Hg zarnās un 8...15 mm Hg asinsvadu kapilāros).

Uzsūkšanās komplikēto raksturu nevar izskaidrot arī ar osmozes un difūzijas likumiem. (Osmozes un difūzijas likumiem pilnīgi tiek pakļauta tikai ūdens uzsūkšanās no hipotoniskiem šķīdumiem.) Noskaidrots, ka daudzas vielas uzsūcas, pārejot pie tam no mazākas šīs vielas koncentrācijas lielākajā, nevis otrādi, kā tas būtu parastās difūzijas gadījumā. Tā, piemēram, aminoskābes cauri zarnu gļotādas epitēlijam uzsūcas ar vienādu intensitāti, kaut gan to koncentrācija zarnu kanālā samazinās. Ja zarnu gļotādas epitēliju saindē ar nātrija fluorīdu (NaF), tad zarnu sienā sāk funkcionēt kā vienkārša membrāna un uzsūkšanās procesi līdz ar to pilnīgi pakļaujas osmozes un difūzijas likumiem. Jāatzīmē arī tas, ka vienas un tās pašas vielas dažādu sugu dzīvniekiem uzsūcas dažādi. Zirkām glikoze uzsūcas 5 reizes ātrāk nekā ksiloze un citas pentozes, bet kaķiem uzsūcas ar vienādu ātrumu. Tas viss rāda, ka uzsūkšanās process zarnās ir aktīvs, īpatnējs dzīvo zarnu gļotādas epitēlija šūnu darbs.

Uzsūkšanās ir sarežģīts fizioloģisks process, kas pakļauts dzīvā organisma specifiskajām īpatnībām. Tā ir visa organisma funkcija, jo barības uzsūkšanās laikā organismā palielinās skābekļa patēriņš un pastiprinās siltuma ražošana (sk. «Barības specifiski dinamiskā darbība» 218. lpp.).

Uzsūkšanās procesus zarnās veicina bārkstiņu kustības. Kontrahējoties bārkstiņu muskuļšķiedrām, bārkstiņa tiek saspiesta, no tās izspiežas asinis un limfa. Pēc muskuļšķiedru atslābšanas bārkstiņa izplešas un tās limfas dobumā rodas negatīvs spiediens attiecībā pret zarnu kanālu. Tas sekmē ūdeni izšķīdušo barības vielu iekļūšanu bārkstiņas limfas dobumā cauri tās epitēliālo šūnu kārtai. Pabarotiem dzīvniekiem bārkstiņas kontrahējas vidēji 6 reizes vienā minūtē. Bārkstiņu kustības var reģistrēt mikrokinematogrāfiski.

Bārkstiņu kontrakcijas izraisa barības masa (himuss), kas mehāniski kairina to pamatnēs novietotos receptorus.



16. att. Tievo zarnu bārkstiņas (mikrofilmas kadri pēc V. Kokasa un V. Ludāni). Redzama atsevišķu bārkstiņu saraušanās (X) un izplešanās (o).

Bārkstiņu kontrakciju ierosina arī dažādas ķīmiskās vielas, kas saskaras ar zarnu gļotādu. No šiem kairinātājiem visnozīmīgākie ir polipeptīdi, aminoskābes, histamīns, glikoze, žultsskābes, rauga ekstrakts. Bez tam sāļsskābes ietekmē tievo zarnu gļotādā veidojas īpaša viela — villikinīns, kas uzbudina bārkstiņu muskuļšķiedras, tādējādi pastiprinot bārkstiņu kontrakcijas (16. att.).

Bārkstiņu kustības regulē Meisnera nervu pinums, kas atrodas submukozā.

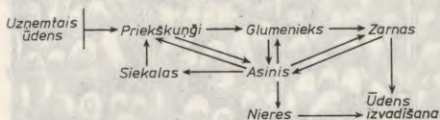
Noskaidrots, ka uzsūkšanās procesu zarnās ietekmē nosacījuma reflektoriskie kairinātāji. K. Bikova laboratorijā tika izstrādāti nosacījuma refleksi uz ūdens un glikozes pastiprinātu uzsūkšanos. Sajos eksperimentos dzīvniekiem ievadīja saponīnu, kas ievērojami pastiprināja ūdens un glikozes uzsūkšanos. Saponīna ievadīšanu pavadīja ar kādu indiferentu (gaismas vai skaņas) kairinātāju. Pēc dažiem šāda veida mēģinājumiem indiferentais kairinātājs pats par sevi (bez saponīna ievadīšanas) spēja izraisīt ūdens un glikozes pastiprinātu uzsūkšanos. Lietojot kā beznosacījuma kairinātāju monojodetiķskābi, kas kavē glikozes uzsūkšanos, var izveidoties nosacījuma reflekss uz glikozes uzsūkšanās pavājināšanos.

Uzsūkšanās procesu ietekmē arī daži hormoni un vitamīni. Tā, piemēram, uzsūkšanos pastiprina virsnieru garozas hormoni, kā arī B₁ un C vitamīni.

ŪDENS UN MINERĀLSĀĻU UZSŪKŠANĀS

Ūdens uzsūcas visās gremošanas trakta daļās (visintensīvāk zarnās). Tā uzsūkšanās intensitāte zarnās ir atkarīga no himusa osmotiskā spiediena. Ļoti intensīvi ūdens uzsūcas no hipotoniskiem šķīdumiem, bet no hipertonskiem šķīdumiem ūdens neuzsūcas. Ja zarnās ievada hipertonsku šķīdumu, piemēram, hipertonsko nātrija hlorīda šķīdumu, tad tas izraisa pat ūdens pārvietošanos no asinīm zarnu kanālā, līdz zarnu himuss kļūst izotonisks. Kad asins un zarnu himusa osmotiskie spiedieni ir izlīdzinājušies, sākas ūdens uzsūkšanās.

Ūdens maiņas shēma atgremotāju organismā



Cūkām diennaktī uzsūcas 20...25 l ūdens. Atgremotājiem un zirgiem diennaktī uzsūcas 90...100 l ūdens (izdzertais ūdens, barības ūdens, kā arī ūdens, kas ietilpst gremošanas sulu sastāvā). Atgremotājiem ūdens intensīva uzsūkšanās notiek jau priekškuņģos.

Uzsūktais ūdens daļēji nokļūst atpakaļ no asinīm gremošanas traktā (galvenokārt ar siekalām, kuņģa un zarnu sulu).

Neorganiskie sāļi visvairāk uzsūcas tievajās zarnās. Visātrāk uzsūcas nātrija un kālija hlorīdi. Nātrija hlorīds visintensīvāk uzsūcas no izotoniskiem šķīdumiem. Ja nātrija hlorīda koncentrācija zarnu himusā pārsniedz 1%, tā uzsūkšanās pavājinās, bet 1,5% un augstākas koncentrācijas nātrija hlorīda šķīdumi nemaz neuzsūcas.

Sliktāk šķīstošie sāļi, piemēram, Na_2SO_4 un MgSO_4 , uzsūcas daudz lēnāk nekā hlorīdi. Vājās uzsūkšanās dēļ Na_2SO_4 un MgSO_4 bieži vien lieto kā caurejas līdzekļus. Ievadīti zarnās lielākā daudzumā, tie paaugstina zarnu himusa osmotisko spiedienu un rezultātā izraisa ūdens sūkšanos no asinīm zarnu kanālā. Zarnās sakrāties, ūdens kairina zarnu gļotādu un rada pastiprinātu zarnu peristaltiku un caureju.

Kālcija sāļi uzsūcas relatīvi mazā daudzumā. Šo sāļu uzsūkšanos veicina tauki. Uzskata, ka zarnu kanālā kālijs ar taukskābēm veido viegli šķīstošus un līdz ar to viegli uzsūcamus savienojumus.

Dzelzs, joda un dažu citu elementu sāļi uzsūcas pietiekami ātri organisko savienojumu (dzelzs askorbīnāta, tiroksīna u. c.) sastāvā. Pētījumos, kas veikti ar radioaktīviem izotopiem, noskaidrots, ka dzelzs visintensīvāk uzsūcas tad, kad organisms izjūt tās trūkumu.

OLBALTUMVIELU UZSŪKŠANĀS

Olbaltumvielas uzsūcas galvenokārt to sagremošanas galaproduktu — aminoskābju veidā. Nelielā daudzumā uzsūcas arī lielmolekulārie olbaltumvielu noārdīšanās produkti (albumozes un peptoni). Asins seruma olbaltumvielas, kazeīns un olas olbaltumvielas ļoti mazā daudzumā var uzsūkties arī nesadalītā, t. i., natīvā veidā.

Atgremotājiem aminoskābju uzsūkšanās notiek jau priekškuņģos, kur barības un baktēriju izdalīto fermentu ietekmē notiek intensīva olbaltumvielu noārdīšanās līdz aminoskābēm. Pārējiem

mājdzīvniekiem aminoskābju uzsūkšanās norisinās galvenokārt tievajās zarnās. Olbaltumvielu noārdīšanās produkti parasti uzsūcas asinīs. Ja dzīvniekam izēdina lielā devā olbaltumvielas, tad olbaltumvielu skaldprodukti daļēji uzsūcas limfā.

Nukleproteīdi (šūnu kodolu olbaltumvielas) gremošanas traktā sašķeļas olbaltumvielā un nukleīnskābē. Fermenta nukleāzes ietekmē nukleīnskābē pēc tam sašķeļas, veidojot purīna un pirimidīna bāzes, ogļhidrātu grupu un fosforskābi. Visi šie nukleīnskābes noārdīšanās produkti ļoti viegli uzsūcas asinīs.

OGĻHIDRĀTU UZSŪKŠANĀS

Ogļhidrāti uzsūcas gandrīz tikai monosaharīdu, galvenokārt glikozes un galaktozes veidā. Dažādu monosaharīdu uzsūkšanās ātrums ir stipri nevienāds. Visātrāk uzsūcas galaktoze un glikoze, bet vislēnāk arabinoze. Ja glikozes uzsūkšanās ātrumu apzīmē ar 100, tad galaktozei tas līdzinās 110, ksilozei — 15, arabinozei — 9, fruktozei — 43 un mannozei — 19. Galaktozes un glikozes intensīvo uzsūkšanos nosaka to fosforilēšanās (savienošanos ar fosforskābi), kas norisinās zarnu gļotādas epitēlijā fermenta fosfatāzes ietekmē. Ja zarnu sienu saindē ar monojodetiķskābi, fosforilēšanās procesi tajā tiek pārtraukti, rezultātā galaktozes un glikozes uzsūkšanās intensitāte stipri pavājinās.

Monosaharīdi uzsūcas galvenokārt tievajās zarnās. Nelielā daudzumā tie var uzsūkties arī resnajās zarnās un kuņģī.

Atgremotajiem monosaharīdi, it īpaši glikoze, uzsūcas niecīgā daudzumā, jo to priekškuņģos, kā zināms, ogļhidrāti ļoti intensīvi noārdās līdz gaistošām taukskābēm un šādā veidā tad arī uzsūcas.

Monosaharīdi uzsūcas tieši asinsvadu kapilāros un pa vērtu vēnu nonāk aknās. Sakarā ar to intensīvas gremošanas laikā glikozes koncentrācija vērtu vēnas asinīs var būt ļoti augsta.

TAUKU UZSŪKŠANĀS

Tauki uzsūcas galvenokārt glicerīna un taukskābju veidā. Neliela daļa tauku var uzsūkties arī nesadalītā veidā. Tauku uzsūkšanās bez iepriekšējas hidrolīzes ir iespējama tikai tad, ja tauki ir labi emulgēti, t. i., ja tauku lodīšu diametrs ir $<0,5 \mu\text{m}$. Galvenā tauku uzsūkšanās vieta ir tievās zarnas. Kuņģī tauki nemaz neuzsūcas, bet resnajās zarnās uzsūcas tikai nelielā daudzumā (R. Kitavaga).

Tauku noārdīšanās produkti (glicerīns un taukskābes) samērā ātri uzsūcas tievo zarnu epitēlija šūnās, kur savienojas no jauna, veidojot atkal taukus. Uzkrājoties zarnu epitēlija šūnu citoplazmā,

šie tauki veido ultramikroskopiskas lodītes, kas pēc tam nokļūst bārkstiņu limfas dobumos vai arī tieši asinsvadu kapilāros. Parasti apmēram 70% zarnu epitēlijā uzsūkto tauku nonāk limfā un 30% tieši asinīs. Tauku intensīvas uzsūkšanās laikā limfa (*hiluss*), kas atplūst no tievajām zarnām, tauku emulsijas rezultātā kļūst pilnīgi balta, līdzīga pienam («piena limfa»).

Viena no tauku resintēzes starpreakcijām tievo zarnu epitēlijā ir fosforilēšanas reakcija: fermenta fosfatāzes ietekmē notiek glicerīna fosforilēšana un fosfolipīdu veidošanās. Ja dzīvniekam tievajās zarnās ievada monojodetiķskābi, kas pārtrauc fosforilēšanas reakcijas, tauku veidošanās zarnu epitēlijā nenotiek, bet, ievadot glicerofosfātu, tauku resintēzes intensitāte zarnu sienā pastiprinās.

Tauku uzsūkšanās procesā svarīga loma ir žultij (sk. «Zults nozīme gremošanā» 65. lpp.). Slikti šķīstošās lielmolekulārās taukskābes (miristīnskābe, palmitīnskābe, stearīnskābe u. c.) ar žultsskābēm (tauroholskābi un glikoholskābi) veido viegli šķīstošus un labi uzsūcamus savienojumus — holeīnskābes. Zarnu epitēlijā holeīnskābes sašķeļas, atbrīvojot taukskābes.

Fosfatīdi gremošanas traktā uzsūcas glicerīna, fosforskābes, taukskābju un holīna (kolamīna) veidā.

GREMOŠANAS TRAKTA EKSKRETORĀ FUNKCIJA

Gremošanas trakta ekskretorās darbības rezultātā gremošanas trakta kanālā no asinīm izdalās kā normālie vielu maiņas produkti (urīnviela, urīnskābe, kreatīns u. c.), tā arī organismam svešas un kaitīgas vielas (medikamenti, baktēriju toksīni u. c.). Nokļūstot gremošanas trakta kanālā, šīs vielas ar izkārnījumiem izdalās no organisma. Gremošanas trakta ekskretorā funkcija kopā ar nieru, ādas un citām organisma izdalītājfunkcijām sekmē pastāvīga asins sastāva saglabāšanu.

Ekskrēcijas procesi norisinās visos gremošanas trakta nodaļumos. Noskaidrots, ka, piemēram, jods, nātrijs, kālijs, bismuts un dažas citas vielas izdalās galvenokārt ar siekalām, bet urīnviela, urīnskābe, pienskābe, salicilskābe un hlorīdi — galvenokārt caur kuņģa un zarnu sienām.

Atsevišķas vielas, kuras izdalās gremošanas traktā, uzsūcas atpakaļ (urīnviela atgremotājiem). Tādējādi izveidojies vielas riņķojums organismā turpinās tik ilgi, kamēr šī viela netiek izvadīta no organisma caur nierēm.

Normālos apstākļos organismā nepārtraukti notiek šūnu noārdīšanās un to atjaunošana. Šūnu olbaltumvielas un to šķelšanās produkti no asinīm izdalās gremošanas trakta kanālā, kur proteolītisko fermentu ietekmē sašķeļas līdz aminoskābēm. Šīs aminoskābes pēc tam uzsūcas atpakaļ asinīs un tiek izlietotas kā audu olbaltumvielu sintēzei, tā arī kā enerģētiskais materiāls.

GREMOŠANAS ĪPATNĪBAS PUTNIEM

Putniem nav zobu, bet tos daļēji aizvieto knābja asās malas. Udensputniem (zosim, pilēm) knābja malās ir raga plātnītes, kas noder barības satveršanai. Satverto barību putni nekošļā, bet ātri norij. Putniem atdalās ļoti maz siekalu, un tās satur galvenokārt gļotas (mucinu), kas atvieglina barības kumos norīšanu. Graudēdājiem siekalās nelielā daudzumā atrodas amilāze.

Daudziem putniem pie ieejas krūšu dobumā barības vada ventrālā siena uz labo pusi veido izliekumu, ko sauc par guzu (*ingluvies*). Visstiprāk tā attīstīta graudēdājiem (vistām, baložiem). Zosim un pilēm guzas vietā ir tikai vārpstveidīgs barības vada paplašinājums.

Gludās muskulatūras slānis, kas atrodas guzas sienā, var to kontrahēt. Guzas kontrakcijas veicina arī ādas muskulis, kas ir saaudzis ar guzas sienu. Guzas gļotādā ir dziedzeri, kuru sekrēts macerē uzņemto barību.

Barība, kuru putni uzņem, daļēji nonāk tieši kuņģī (šķidrums), daļēji aizturas guzā. Vistām guzā var uzkrāties 75...100 g graudu, kurā tie var palikt 8...18 stundas. Līdztekus barības macerācijai un uzbriešanai guzā norisinās arī barības vielu (galvenokārt oglekļahidrātu) noārdīšana barības (graudēdājiem arī siekalu) fermentu ietekmē. Bez tam guzā intensīvi darbojas mikroorganismi, kuru izdalītie fermenti piedalās barības vielu noārdīšanā.

Guzai kontrahējoties, barība no tās tiek iedzīta kuņģī. Guzas kontrakcijas pastiprina impulsi, kas pienāk no tukšā kuņģa. Kuņģim piepildoties, guzas kontrakcijas tiek kavētas. Guzu inervē klejotājnervs, kas stimulē tās kontrakcijas. Pēc klejotājnerva pārgriešanas guzas kustības tiek paralizētas. Ja guzu izoperē, putni barību spēj uzņemt tikai nelielām porcijām un sliktāk to sagremo.

Baložiem (tēviņiem un mātītēm) mazuļu audzēšanas periodā guzā veidojas īpašs, pienam līdzīgs šķidrums — guzas piens, ar kuru baloži baro savus mazuļus. Šis šķidrums satur epitēlijšūnas, taukus, olbaltumvielas, minerālvielas un dažus fermentus. Jāatzīmē, ka hipofīzes laktotropais hormons, kas stimulē piena veidošanos zīdītājiem, veicina arī guzas piena ražošanu.

Putnu kuņģis sastāv no divām daļām: dziedzerkuņģa (*pars glandularis*) un muskuļkuņģa (*pars muscularis*).

Dziedzerkuņģis putniem ir neliels. Tā gļotādā atrodas 30...40 lieli, stipri sazaroti alveolārie dziedzeri ar platiem izvadkanāliem, kas nepārtraukti producē kuņģa sulu. Tomēr barība dziedzerkuņģī ilgi neaizturas un ātri pāriet muskuļkuņģī. Izejot cauri dziedzerkuņģim, barība kairina tā gļotādu, pastiprinot kuņģa sulas atdalīšanos. Kuņģa sula ieplūst muskuļkuņģī, kur ļoti intensīvi norisinās barības mehāniskā un ķīmiskā pārstrāde.

Muskuļkuņģa muskulatūru veido spēcīgi attīstītas gludās muskuļšķiedras. Graudēdāji, kuriem muskuļkuņģis ir sevišķi labi

izveidots, norij mazus akmentiņus, stikla gabaliņus un citus cietus priekšmetus, kas ilgāku laiku aizturas muskuļkuņģī, veicinot barības saberšanu un sasmalcināšanu. Muskuļkuņģa gļotādas dziedzeri producē koloīdu sekrētu, kas pēc izdalīšanās ātri sacietē un pārklāj cietas plēvītes (ragveida kārtiņas) veidā muskuļkuņģa gļotādu, pasargājot to no ievainojumiem.

Muskuļkuņģī novērojamas periodiskas kontrakcijas, kas atkārtojas pēc katrām 20...30 sekundēm. Ja muskuļkuņģī nav barības, tā kontrakcijas pavājinās. Savukārt pēc barības uzņemšanas muskuļkuņģa kontrakcijas kļūst ļoti spēcīgas un muskuļkuņģī rodas liels spiediens (vistām līdz 140 mm un zosīm pat līdz 265 mm Hg). Muskuļkuņģa kontrakcijas dažkārt norisinās tik spēcīgi, ka tajā tiek saberzti ne tikai graudi, bet arī stikla lodītes, saliekta metāla caurules utt. Vistām un titariem barības saberšana ar muskuļkuņģī esošiem akmentiņiem ir tik intensīva, ka beršanas troksni var sadzirdēt pat noteiktā attālumā no mierīgi tupoša putna.

Muskuļkuņģi inervē klejotājnervs, kas satur aferentās un eferentās šķiedras. Pa klejotājnerva eferentajām šķiedrām uz muskuļkuņģi dodas kā uzbudinājuma, tā arī kavējuma impulsi.

Barības sagremošana putniem notiek galvenokārt tievajās zarnās, kur ļoti intensīvi tiek noārdīti ogļhidrāti, olbaltumvielas un tauki. Aizkuņģa dziedzeris un zarnu sulas sastāvs putniem ir tāds pats kā zīdītājiem. Jāatzīmē tikai, ka putniem ir relatīvi spēcīgi attīstīti aizkuņģa dziedzeris. No tievajām zarnām barība daļēji nonāk aklajā zarnā, daļēji dodas kloākas virzienā.

Aklajā zarnā putniem norisinās ogļhidrātu (arī celulozes), olbaltumvielu un tauku bakteriālā noārdīšana. Aklā zarna dažādu sugu putniem ir attīstīta nevienādi, dažiem tās nemaz nav, bet citu sugu putniem ir divas un pat trīs aklās zarnas. (Zosīm, pilēm un vistām ir divas aklās zarnas.)

Līdztekus zarnu kustībām, kādas novērojamas zīdītājiem, putniem pastāv arī zarnu antiperistaltika. Sakarā ar to barība pārvietojas pa zarnu kanālu gan uz vienu, gan uz otru pusi un var viegli nokļūt kuņģī.

Par kloāku sauc taisnās zarnas paplašināto beigu daļu, kur atveras sēklvadi vai olvads un urīnvadi. Kloāka sastāv no trim nodalījumiem: priekšējā (*coprodeum*), vidējā (*urodeum*) un pakaļējā (*proctodeum*). Priekšējā nodalījumā no taisnās zarnas iekļūst izkārnījumi. Vidējā nodalījumā atveras sēklvadi vai olvads un urīnvadi. Pakaļējais nodalījums atveras uz āru ar anālo atveri, kuru noslēdz ānusa slēdzējs. Kloākas pakaļējā nodalījuma dorsālajā sienā atveras Fabrīcija soma (*bursa Fabricii*), ku-



17. att. Kloākas sagitālā griezumā shēma:

1 — coprodeum, 2 — urodeum, 3 — proctodeum, 4 — Fabrīcija soma, 5 — sēklvads, 6 — urīnvads.

ras funkcijas līdz šim nav vēl izpētītas. Ir tikai zināms, ka jauņiem putniem Fabrīcija soma samērā liela, bet vēlāk tā reducējas (17. att.).

Himusa pārvietošanās ātrums cauri putnu gremošanas traktam stipri atkarīgs no barības rakstura. Tā, piemēram, vistām miežu klijas cauri visam gremošanas traktam iziet apmēram 16 stundās, miežu graudi — 20 stundās, kukurūzas graudi — 25 stundās. Apkārtējās vides temperatūrai pazeminoties, barības pārvietošanās putnu gremošanas traktā paātrinās.

GREMOŠANAS PROCESI UN LAUKSAIMNIECĪBAS DZĪVNIĒKU ĒDINĀŠANA

Barības sagremošana un izmantošana ir atkarīga no gremošanas procesu intensitātes, t. i., no gremošanas aparāta sekretoro, motoro un uzsūkšanās funkciju aktivitātes. Barības vielu sagremošanas pakāpe un līdz ar to dzīvnieku produktivitāte ir atkarīga arī no barības sastāva, barības rācības struktūras, barības sagatavošanas, ēdināšanas režīma, dzīvnieku turēšanas apstākļiem un no citiem faktoriem (7. tabula).

Visi faktori, kas uzlabo dzīvnieku ēstgribu, pastiprina gremošanas sulu atdalīšanos un līdz ar to pastiprina barības sagremojamību. Tādēļ dzīvnieku ēdināšanai ir jāgatavo garšīga barība. Barības garšas īpašības var uzlabot, barību raudzējot, pievienojot barībai vārāmo sāli, raugu, gaļas miltus utt.

Ļoti lielu ietekmi uz gremošanas orgānu darbību atstāj ēdināšanas un dzīvnieku turēšanas režīms. Tā, piemēram, ēdinot dzīvniekus noteiktā laikā, t. i., stingri ievērojot dzīvnieku ēdināšanas režīmu, tiem izveidojas nosacījuma reflektoriskā gremošanas sulu atdalīšanās uz laiku. Tas nozīmē, ka dzīvniekiem pastiprināti sāk atdalīties gremošanas sulas, tiklīdz iestājas ēdināšanas laiks (lai

7. tabula

Organisko vielu sagremojamība atkarībā no kokšķiedras satura barībā
(pēc E. Kolba)

Kokšķiedras saturs barības sausnē (%)	Organisko vielu sagremojamības koeficients		
	govij	cūkai	zirgam
0	90,1	92,2	—
0,1—5,0	88,1	86,9	—
5,1—10,0	86,9	80,6	—
10,1—15,0	76,3	76,9	81,2
15,1—20,0	73,3	65,8	74,9
20,1—25,0	72,4	56,0	68,6
25,1—30,0	66,1	44,5	62,3
30,1—35,0	61,0	37,3	56,0

gan barību tie nesaņem). Dažiem dzīvniekiem šajā gadījumā atda-
lās tikpat daudz gremošanas sulas, cik barības uzņemšanas laikā.

Ēdinot dzīvniekus noteiktā laikā, tiek radīta gremošanas trakta
ritmiska darbība un panākta barības labāka sagremošana un
izmantošana.

LLA Lauksaimniecības dzīvnieku anatomijas un fizioloģijas
katedrā noskaidrots, ka, mainot atgremotāju parasto ēdināšanas
kārtību (dzīvniekus neregulāri ēdinot), priekškuņģos pavājinās
barības rūgšanas intensitāte.

Ja dzīvniekiem ilgāku laiku izēdina kādu noteiktu barību,
tiem izveidojas raksturīga gremošanas sulu sekrēcija un gremoša-
nas trakta motorika, kas nodrošina visintensīvāko attiecīgās barī-
bas izmantošanu. Šādi izveidotais gremošanas trakta darbības rak-
sturs parasti ir diezgan stabils un saglabājas pat 2...4 nedēļas
pēc tam, kad dzīvniekiem sāk izēdināt citu barību. Šis apstāklis
jāņem vērā, mainot barības rācijas; barības rācijas jāmaina pakā-
peniski. Krāsa barības rāciju maiņa var izraisīt gremošanas
funkciju traucējumus un dzīvnieku produktivitātes samazināšanos
(it īpaši tad, ja barības rācijas ir stipri atšķirīgas).

Ja dzīvniekiem ilgstoši izēdina vienvēdīgu barību, tiem pavāji-
nās ēstgriba un līdz ar to samazinās barības izmantojamība.

Noskaidrots, ka rūgšanas procesus atgremotāju priekškuņģos
stimulē sulīgā barība (cukurbietes, skābbarība). Izēdinot pietiekami
daudz sulīgās barības, priekškuņģu saturā pastiprinās etiķskābes
un propionskābes veidošanās intensitāte (autora pētījumi). Jāt-
zīmē, ka, izēdinot dzīvniekiem sulīgo barību, palielinās barības
sagremojamības koeficients.

Jau savā laikā I. Pavlovs atzīmēja, ka nepietiek tikai zināt, no
kādām barības vielām sastāv barība, bet jānosaka arī, kā attiecīgā
barība tiek uzņemta, ar kādu ēstgribu dzīvnieks to apēd. Labi zi-
nāms, ka sulīgo barību dzīvnieki apēd kāri. Šim faktoram līdz
ar to ir liela nozīme lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanā.

Gremošanas procesu intensitāte ir stipri atkarīga no dzīvnieka
organisma fizioloģiskā stāvokļa. Tā, piemēram, grūsnības un laktā-
cijas periodā gremošanas funkcijas ir pastiprinātas, bet meklēša-
nās laikā tās manāmi pavājinās.

IV. Asinis

Vienšūnas dzīvnieki vajadzīgās barības vielās un skābekli no apkārtējās vides uzņem ar visu ķermeņa virsmu. Caur ķermeņa virsmu tie arī izdala vielu maiņas produktus. Augstāk attīstīto dzīvnieku ķermeņa šūnas nevar uzņemt barības vielas tieši no apkārtējās vides, tāpēc starpnieka lomu starp apkārtejo vidi un organisma šūnām izpilda asinis.

Jo dzīvniekam ir augstāka attīstības pakāpe, jo daudzpusīgākas ir asins fizioloģiskās funkcijas un sarežģītāks ir asins sastāvs.

ASINS FUNKCIJAS

Asinis vienmēr atrodas kustībā un organismā veic ļoti svarīgas un daudzpusīgas funkcijas.

Asins šķidrā daļa — plazma iziet cauri kapilāru sienām un veido audu šķidrumu, kas apskalo visas organisma šūnas. Asinis kopā ar limfu un audu šķidrumu veido organisma iekšējo vidi. No šīs organisma iekšējās vides šūnas saņem visas nepieciešamās barības vielas un izdala tajā dažādus vielu maiņas produktus. Asinīm vienmēr ir noteikts fizikāli ķīmiskais sastāvs, kas nodrošina visām organisma šūnām nemainīgus, optimālus dzīves apstākļus. Organisma iekšējās vides ķīmiskā sastāva un fizikāli ķīmisko īpašību dinamisku pastāvību sauc par homeostāzi.

No gremošanas trakta asinīs uzsūcas dažādas barības vielas (glikoze, aminoskābes, polipeptīdi, tauki, vitamīni, minerālvielas, ūdens u. c.), bet plaušās asinis piesātinās ar skābekli. Barības vielas un skābekli asinis piegādā visiem ķermeņa audiem, bet no audiem uz izvadorgāniem (nierēm, ādu, plaušām, zarnām) aiznes dažādus šūnu vielu maiņas produktus (amonjaku, urīnvielu, urīnskābi, ogļskābo gāzi u. c.). Tādējādi asinis, vienmēr atrodoties kustībā, organismā izpilda dažādas transportfunkcijas.

Sakarā ar asins lielo siltumietilpību un nepārtrauktu cirkulāciju, tās izlīdzina temperatūru starp atsevišķiem orgāniem. Iznēsājot pa organismu dažādus hormonus, kam ir augsta fizioloģiskā aktivitāte, kā arī vitamīnus, fermentus un vielu maiņas produktus, asinis uztur humorāli ķīmisko sakaru starp atsevišķiem audiem un orgāniem. Tās ir starpposms, kas saista nervu sistēmu ar humorālajiem regulatoriem — hormoniem un mediatoriem.

Asinis piedalās arī organisma aizsargfunkcijās, jo tās satur dažādas aizsargvielas (antivielas, imūnvielas, antifermentus), kas pasargā organismu no saslimšanas ar infekcijas slimībām un padara nekaitīgus dažādus toksīnus. Liela nozīme organisma aizsargfunkcijās ir arī leukocītu fagocitozes spējai.

Asinis, uzturot nepārtrauktu saskari starp organisma iekšējo un ārējo vidi, ietekmē visu organisma šūnu dzīvības procesus un nosaka organisma dzīvības funkcijas.

ASINS FIZIKĀLĀS UN ĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS

ASINS SASTĀVS

Asinis sastāv no šķidrās daļas — plazmas (60%) un tajā suspendētiem formelementiem (40%). Asins plazmas daudzumu nosaka ar aparātu — hematokritu.

Asins plazma ir viegli dzeltenīgs, gandrīz caurspīdīgs šķidrums, kura sastāvā ir 90...92% ūdens un 8...10% sausnes. Asins plazmas sausnes sastāvā ietilpst olbaltumvielas, oghidrāti, tauki, minerālsāļi, fermenti, pigmenti, hormoni, vitamīni un antivielas jeb antiķermeņi.

Olbaltumvielas mājdzīvnieku asins plazmā ir 6...8%. Ja salīdzina olbaltumvielu daudzumu asins plazmā dzīvniekiem, kas atrodas uz dažādas attīstības pakāpes, var konstatēt zināmu likumsakarību: jo augstākā attīstības pakāpē atrodas dzīvnieks, jo tā asins plazma satur vairāk olbaltumvielu — un otrādi.

Asins plazmas olbaltumvielas ir albumīni (3...4%), globulīni (2,5—4,5%) un fibrinogēns (0,3...0,5%).

Albumīni ir rezerves olbaltumvielas un noder arī enerģētiskām un plastiskām vajadzībām. Bez tam šīs olbaltumvielas izpilda transportfunkcijas un piedalās ūdens maiņas regulācijā. Albumīni kā dispersākas vielas nosaka asins plazmas koloidosmotisko (onkotisko) spiedienu.

Globulīni iedalās α -, β - un γ -globulīnos. Globulīnu funkcijas ir dažādas, bet vairāk uzmanību saista γ -globulīni, kuri veidojas kā antivielas vai imūnvielas, ja asinīs ievada svešas olbaltumvielas. Šīs antivielas svešās olbaltumvielas var izšķīdināt (lizīni), salīpināt (aglutinīni), neitralizēt toksīnus (antitoksīni) vai arī izgulsnēt (precipitīni). Arī β -globulīni var veikt aizsargfunkcijas. Jaunpiegimušo asinīs nav γ -globulīnu, bet tos daudz satur pirmpiens (laktoglobulīni), ar kuru pirmajās dzīvības dienās jaunpiegimušie saņem gatavas antivielas, kas nodrošina organisma aizsargfunkcijas.

Fibrinogēns pieder pie globulīniem. Tas piedalās asins sarecēšanā. Lai gan fibrinogēns asinīs ir nelielā daudzumā, tomēr tas spēj veidot asins recekli, kas aizsprosto ievainoto asinsvadu un aizkavē asiņošanu.

Mākslīgi samazinot olbaltumvielu daudzumu asins plazmā, tā normālais saturs ātri atjaunojas. Asins plazmas albumīni un fibrinogēns veidojas aknu šūnās, bet globulīni rodas retikuloendoteliālās sistēmas šūnās dažādās organisma daļās. Asins plazmas olbaltumvielas atrodas pastāvīgi dinamiskā līdzsvarā ar organisma audu olbaltumvielām.

Asins plazmas albumīnu un globulīnu daudzumu attiecību sauc par asins plazmas olbaltumvielu koeficientu. Dažādu sugu dzīvniekiem šis koeficients ir dažāds. Tas var mainīties dažādu slimību gadījumā, tāpēc šī koeficienta noteikšanai ir liela praktiska nozīme slimību diagnostikā.

No albumīnu un globulīnu daudzuma attiecībām atkarīgas dažādas asins īpašības, piemēram, eritrocītu grimšanas reakcijas ātrums.

Bez olbaltumvielām asins plazmā ļoti mazā daudzumā (20... 60 mg/100 g) ir arī olbaltumvielu maiņas gala produkti, t. s. palieku slāpekļis: urīnviela, urīnskābe, kreatīns, hipurskābe, amonjaks u. c.

Urīnviela asinīs sastāda 40... 50% no palieku slāpekļa, pie tam tās saturs var stipri mainīties, piemēram, cūkai no 5 līdz 40 mg/100 g. Urīnskābes zīdītāju dzīvnieku asinīs ir ļoti maz (0,05... 0,01 mg/100 g), bet putniem daudz vairāk (2,5... 3 mg/100 g).

Kreatīna un kreatinīna daudzums asinīs ir 2... 10 mg/100 g.

Pastiprinoties olbaltumvielu noārdīšanās procesiem organismā, palieku slāpekļa saturs asinīs pieaug. Palieku slāpekļa palielinātu daudzumu asinīs sauc par hiperazotēmiju.

Ogļhidrāti asins plazmā atrodas galvenokārt glikozes veidā. Glikoze ir galvenais organisma enerģijas avots. Tās saturs asinīs ir samērā pastāvīgs, bet, uzņemot ogļhidrātiem bagātu barību, glikozes līmenis uz laiku (īslaicīgi) var paaugstināties. Ilgstoša glikozes līmeņa paaugstināšanās asinīs var iestāties, ja ir traucētas aizkuņģa dziedzera funkcijas. Paaugstinātu glikozes koncentrāciju asinīs apzīmē par hiperglikēmiju, bet pazeminātu — par hipoglikēmiju.

Nelielā daudzumā asinīs atrodas arī glikogēns un ogļhidrātu maiņas starpprodukti, piemēram, pienskābe (10... 20 mg/100 g), pirovīnogskābe u. c. Muskuļu darba laikā pienskābes saturs asinīs var pieaugt līdz 150 mg/100 g.

Dažādu sugu zivīm glikozes saturs asinīs ir ļoti atšķirīgs. Tā, piemēram, karpai, vēdzelei, ezera forelei un lasim glikozes koncentrācija asinīs ir 30... 50 mg/100 g, bet plaudim, zandartam un sīgai — 122... 230 mg/100 g.

Tauki. Asins plazmā atrodas arī tauki un to sadalīšanās produkti — glicerīns un taukskābes. Normāli tauku saturs asinīs ir apmēram 100 mg/100 g, bet pēc taukiem bagātas barības uzņemšanas to daudzums asinīs var palielināties līdz 700 mg/100 g. Tauku daudzuma palielināšanos asinīs sauc par lipēmiju.

Asins plazmā nelielā daudzumā atrodas arī lecitīns un holesterīns. Holesterīna daudzums asins plazmā palielinās grūsnības laikā, nieru slimību, diabēta, aptaukošanās un citos gadījumos.

Minerālsāļu asins plazmā ir apmēram 0,9...1,0%. Visvairāk tajā ir NaCl (0,6%), bez tam arī KCl, CaCl₂, MgCl₂, NaHCO₃, CaCO₃, NaH₂PO₄, K₂HPO₄, Na₂SO₄ un Ca₃(PO₄)₂. Nelielā daudzumā asins plazmā ir arī Fe, I, Cu, Zn, Co un citu elementu savienojumi.

Minerālvielas asinīs atrodas dažādos fizikāli ķīmiskos savienojumos. Minerālvielu fizioloģiskā nozīme ir daudzveidīga: tās nosaka asins osmotisko spiedienu un reakciju, audu uzbudināmību, piedalās vielu un enerģijas maiņā un citās organisma funkcijās.

Asins plazmā vienmēr atrodas dažādi **hormoni** — adrenalīns, tiroksīns, insulīns, kortikosteroni, hipofīzes hormoni, dzimumhormoni u. c., kā arī **vitamīni** — tiamīns, riboflavīns, askorbīnskābe, tokoferols, akseroifols, biotīns, pantotēnskābe, ciānokobalamīns u. c.

Asins plazmā ir arī dažādi **fermenti**, piemēram, lipāze, amilāze, proteināze, fosfatāze, holīnesterāze, aminoferāze, dehidrāze, protrombīns, oksidāzes, peroksidāzes u. c.

Bez tam asins plazmā atrodas arī **žults pigmenti** — bilirubīns un biliverdīns (0,2...0,5 mg/100 g), kā arī urobilīns, kas ir bilirubīna oksidēšanās produkts.

Asins plazmas **pigmenti** ir luteīns, karotīns (atgremotājiem) un ksantofīls (vistām).

ASINS TEMPERATŪRA, BLĪVUMS UN VIZKOZITĀTE

Asins temperatūra ir nedaudz augstāka par ķermeņa temperatūru. Tā ir atkarīga no attiecīgā orgāna temperatūras, caur kuru tās plūst. Visaugstākā asins temperatūra ir aknās, bet viszemākā — ādā un plaušās.

Asins blīvums ir >1 (1,05...1,06). Tas liecina, ka asinīs ir daudz smagāko sastāvdaļu, it īpaši asins formelementu.

Ja svaigu asins paraugu ielej mēģenē un aizkavē to sarecēšanu, tad eritrocīti nogulsņējas apakšā, bet plazma paliek virspusē. Tas tāpēc, ka eritrocītu blīvums (1,09) ir lielāks par plazmas blīvumu (1,024...1,031), bet leikocīti ieņem vidus stāvokli. Sevišķi labi tas novērojams zirga asinīm, kurām ir ātra asins formelementu grimšanas reakcija.

Asins blīvums samazinās, ja ir hidrēmija vai arī ja dzīvnieks zaudējis daudz asins. To blīvums palielinās, ja organisms zaudē daudz ūdens, piemēram, stipri svīstot.

Asins blīvums atspoguļo ūdens daudzuma izmaiņas asinīs un tāpēc var noderēt par difūzijas maiņas rādītāju starp asinīm un audiem.

Asins viskozitāti jeb iekšējo berzi nosaka, salīdzinot to ar ūdens viskozitāti, ko pieņem par 1. Viskozitātes noteikšanai lieto viskozimētru. Asins viskozitāte ir 3...5 reizes lielāka nekā ūdenim.

Asins viskozitāte atkarībā no dažādiem organisma fizioloģiskajiem un patoloģiskajiem stāvokļiem var ievērojami mainīties. Tā ir atkarīga no plazmas olbaltumvielu satura, no dažādām asinīs izšķīdušajām vielām un no asins formelementu daudzuma.

Asins viskozitāte palielinās, ja asinis iebiezē, piemēram, organismam zaudējot daudz ūdens, kā to novēro svīšanas laikā vai eksudatīvo procesu gadījumā, kas noris ar drudzi. Asinis iebiezē, arī slimojot ar leikozī un policitēmiju. Palielinoties asins viskozitātei, pieaug arī asinsspiediens, jo palielinās asins iekšējā berze un ir vajadzīgs lielāks spēks, lai tās izdzītu cauri asinsvadiem.

Asinis kļūst mazāk viskozas, ja organismā noris procesi, kurus pavada kaheksija, tāpat anēmiskiem dzīvniekiem un gadījumos, kas saistīti ar lielāka ūdens daudzuma uzņemšanu.

ASINS OSMOTISKAIS SPIEDIENS

Asinis kā organisma iekšējo vidi vislabāk raksturo kopējā jonu un molekulu koncentrācija, t. i., asins osmotiskais spiediens. Jo vairāk jonu un vielu molekulu ir noteiktā asins daudzumā, jo lielāks ir asins osmotiskais spiediens — un otrādi.

Vislielāko asins osmotiskā spiediena daļu (apmēram 60%) rada nātrija hlorīds. Osmotiskā spiediena daļu, ko sastāda plazmas olbaltumvielas, sauc par onkotisko spiedienu. Onkotiskajam spiedienam ir ievērojama nozīme ūdens sadalē starp asinīm un audu šķīdumu.

Osmotiskais spiediens ir vienāds asins plazmā, eritrocītos un organisma šūnās. Venozās asins osmotiskais spiediens ir nedaudz lielāks nekā arteriālās asins osmotiskais spiediens. Samazinoties osmotiskajam spiedienam asins plazmā, ūdens tiek atdots audiem un rodas tūska.

Osmotiskā spiediena lielumu nosaka krioskopiski, t. i., izmērot šķīduma sasalšanas temperatūru. Šķīduma sasalšanas temperatūras pazemināšanās par 1°C atbilst 12 atmosfēru lielam osmotiskajam spiedienam.

Sasalšanas punkta pazeminājumu zem 0°C apzīmē ar grieķu alfabēta burtu Δ (delta). Asinīm tas ir vienāds ar $-0,56^{\circ}\text{C}$ ($-0,58^{\circ}\text{C}$), kas atbilst 7 (7,6) atmosfēru lielam osmotiskajam spiedienam.

Siltasiņu dzīvnieku un putnu asins plazmas osmotiskais spiediens atbilst 0,9% NaCl šķīduma (abiniķiem — 0,6%) osmotiskajam spiedienam. Šādas koncentrācijas šķīdumu sauc par izotonisku (izoosmotisku) jeb fizioloģisku šķīdumu. Šķīdums, kura sāļu koncentrācija un līdz ar to osmotiskais spiediens lielāks

nekā asinīs, ir hipertonišks šķīdums. Šķīdums, kura sāļu koncentrācija un līdz ar to osmotiskais spiediens mazāks nekā asinīs, ir hipotonišks šķīdums.

Ja eritrocīti vai citas organisma šūnas nokļūst hipertonišā šķīdumā, tie zaudē ūdeni, sarūk un to dzīvības procesi ir stipri traucēti. Eritrocītiem nonākot hipotonišā šķīdumā, ūdens no šķīduma pāriet eritrocītos, tie piebriest, palielinās un pārplīst.

Asins osmotiskā spiediena regulācijā liela nozīme ir nervu sistēmai. Asinsvadu sienās atrodas īpaši osmoreceptori, kas uztver osmotiskā spiediena novirzes asinīs. Osmoreceptori reflektoriski ietekmē ūdens pārvietošanos no asinīm audos — un otrādi. Osmotisko spiedienu regulē arī izvadorgāni. Nieres, āda, plaušas un gremošanas trakts ātri izdala lieko ūdeni, sāļus vai citas vielas, kas var izmainīt asins osmotisko spiedienu.

Organismam ir liela spēja saglabāt asins osmotisko spiedienu pastāvīgā līmenī. Tā, piemēram, ievadot zirgam intravenozi pat 7 l 5% sērskābā nātrija šķīduma, neizdodas radīt ilgstošas osmotiskā spiediena pārmaiņas. Sāļu pārpalikums no asinīm intensīvi izdalās caur nierēm, zarnu traktu, un pēc 2 stundām osmotiskais spiediens normalizējas.

ASINS REAKCIJA

Liela nozīme organisma dzīvības procesos ir asins reakcijai. Asins, tāpat kā citu šķīdumu reakciju nosaka ūdeņraža (H^+) un hidroksila (OH^-) jonu koncentrācija. Asins reakcija ir nedaudz bāziska. Ar asins reakciju saprot asins plazmas reakciju. Asins plazmas reakcija ir bāziskāka nekā asins ķermenīšu reakcija.

Zemākajiem mugurkaulniekiem un bezmugurkaulniekiem organisma iekšējās vides pH robežas ir ļoti plašas. Vispastāvīgākā asins reakcija ir siltasiņu dzīvniekiem, jo tiem visi organisma dzīvības procesi var notikt tad, ja ir noteikta reakcija. Zirgam asins pH ir 7,4 (7,2...7,55), govij un aītai — 7,5, kazai — 7,65, cūkai — 7,47, sunim — 7,4, vistai — 7,42, zivīm — 7,52...7,71, cilvēkam — 7,36.

Asins reakcijas raksturošanai parasti lieto ķīmiskos terminus «acidoze» vai «alkaloze», kas nesakrīt ar to fizikāli ķīmisko izpratni. Tā no fizikāli ķīmiskā viedokļa par asins acidozi varētu runāt tikai tadā gadījumā, ja asins pH būtu $<7,0$. Parasti cilvēka un dzīvnieka asinis nekad nav skābas. Tāpat tas ir attiecībā uz alkalozī. Tā normālos organisma vielu maiņas procesos asinīs nenāk dažādas skābes (pienskābe, ogļskābe, urīnskābe, fosforskābe) vai arī citi vielu maiņas produkti, bet asins reakcija manāmi nenovirzās ne uz skābo, ne arī uz bāzisko pusi. Asins reakcija neizmainās arī tad, ja intravenozi lielākā daudzumā ievada skābes vai sārmas. Normālos apstākļos tās maiņa nepārsniedz 0,1...0,2 pH

vienības. Asins reakcija neizmainās sakarā ar izvadorgānu (plaušu, nieru, zarnu, sviedru dziedzeru) darbību un asins bufersistēmām.

Asinis atrodas vairākas bufersistēmas:

- 1) karbonātu $-\frac{H_2CO_3}{NaHCO_3}$,
- 2) fosfātu $-\frac{BH_2PO_4}{B_2HPO_4}$, kur $B - Na^+$ vai K^+ ,
- 3) olbaltumvielu $-\frac{H\text{-olbaltumviela}}{B\text{-olbaltumviela}}$,
- 4) hemoglobīna $-\frac{H(Hb)}{B(Hb)}$,
- 5) oksihemoglobīna $-\frac{H(HbO_2)}{K(HbO_2)}$,
- 6) skābju $-\frac{\text{organiska skābe}}{\text{organiskas skābes sāls}}$.

Ja visu asins bufersistēmu spēju saglabāt noteiktu asins reakciju apzīmē ar 100, tad atsevišķu bufersistēmu spēja sadalās šādi: hemoglobīna — 82, olbaltumvielu — 10, karbonātu — 7, fosfātu — 1.

Asinis ir attiecīga bāzisko sāļu rezerve, ko apzīmē par asins alkāliju rezervi. Tā nodrošina lielāka skābju daudzuma neitralizāciju, ja tāds strauji nonāk asinīs.

Asins alkāliju rezervei liela nozīme ir intensīva muskuļu darba laikā, kad asinis ieplūst daudz skābo vielu maiņas produktu. Trenēta organisma asinīs alkāliju rezerve ir par 10% lielāka nekā nerenēta organisma asinīs, tāpēc trenēts organisms tik ātri nenogurst.

Ja dzīvnieki uzņem augu barību, kurā pārsvarā ir bāziskie ekvivalenti, asins alkāliju rezerve palielinās. Izēdinot barību, kurā pārsvarā ir skābju ekvivalenti, kā arī intensīva darba laikā asins alkāliju rezerve samazinās.

Zīrgam asins alkāliju rezerve ir 470...620 mg/100 g, govij — 460...540 mg/100 g, aītai — 460...520 mg/100 g un kazai — 380...520 mg/100 g.

Lai gan organisms ir labi aizsargāts pret iespējamām asins pH svārstībām, tomēr dažos fizioloģiskajos un patoloģiskajos stāvokļos (intensīva muskuļu darba laikā, bada, diabēta un citos gadījumos) asins reakcija var novirzīties uz skābo pusi. Pastiprināta plaušu ventilācija var novirzīt asins reakciju uz bāzisko pusi.

Asins reakcijas novirzīšanos uz skābo pusi sauc par acidozi, bet tās novirzīšanos uz bāzisko pusi — par alkalozī. Izšķir kompensēto un nekompensēto acidozi, kā arī kompensēto un nekompensēto alkalozī.

Nekompensētās acidozes vai alkalozes gadījumā bufersistēmas ir zaudējušas regulējošās spējas un tās nevar pretoties ievērojamām reakcijas novirzēm.

Kompensētās acidozes vai alkalozes gadījumā, kas novērojamas biežāk, aktīvās reakcijas novirzīšanās nenotiek, bet tikai ievērojami samazinās bufersistēmu spēja. Ja kompensētās acidozes vai alkalozes gadījumā bufersistēmu spēja turpina samazināties, tad acidozes vai alkalozes kompensētās formas var pāriet nekompensētajās.

Asins aktīvās reakcijas regulācijā liela nozīme ir elpošanas orgāniem, kas nodrošina liekās ogļskābes daudzuma samazināšanu, pastiprinoties elpošanas intensitātei. Ne mazāka nozīme te ir arī nierēm. Ja asins aktīvā reakcija novirzās uz skābo pusi, palielinās skābā vienaizvietotā fosforskābā nātrija izdalīšanās ar urīnu, bet, ja uz bāzisko pusi, urīnā palielinās divreizvietotā fosforskābā un ogļskābā nātrija daudzums. Pirmajā gadījumā urīns kļūst skābāks, bet otrajā — sārmaināks.

ASINS DAUDZUMS

Izšķir cirkulējošās asinis, kas cirkulē asinsvados, un deponētās asinis, kas atrodas asins depo (aknās — 20%, liesā — 16% un ādā — 10% no visa organisma asins daudzuma).

Organisma miera stāvoklī deponētās asins daudzums palielinās, bet cirkulējošās asins daudzums samazinās. Muskuļu darbs, emocijas, adrenalina izdalīšanās, skābekļa trūkums un citi faktori izraisa cirkulējošās asins daudzuma palielināšanos uz deponētās asins rēķina.

Deponētajās asinīs ir vairāk formelementu nekā cirkulējošajās asinīs, tāpēc, deponētajām asinīm pārejot cirkulējošās, asinīs palielinās arī eritrocītu skaits un hemoglobīna saturs.

Organisma miera stāvoklī, samazinoties cirkulējošās asins daudzumam, samazinās arī sirds darba slodze. Stipra asiņojuma gadījumā cirkulējošās asins daudzums vispirms tiek atjaunots uz deponētās asins rēķina.

Bezmugurkaulniekiem kopējais asins daudzums ir $\frac{1}{5}$ no ķermeņa svara, bet augstāk attīstītiem dzīvniekiem, piemēram, mājdzīvniekiem, tās sastāda tikai $\frac{1}{13} \dots \frac{1}{14}$ no ķermeņa svara (cūkai pat $\frac{1}{22}$). Augstāk attīstītiem dzīvniekiem asins daudzums samazinās sakarā ar elpošanas pigmentu izveidošanos un ar noslēgtas asinsrites sistēmas attīstību. Jaunam, augošam organismam asins daudzums ir apmēram par $\frac{1}{3}$ lielāks nekā pieaugušam organismam.

Agrāk asins daudzumu noteica, tās savācot no pārgrieztiem asinsvadiem. Tagad asins daudzumu nosaka netieši, ievadot asinīs noteiktā daudzumā kādu nekaitīgu krāsvielu, piemēram, kongo sarkano, tripānzilo, tripānsarkano u. c. Pēc krāsvielas koncentrācijas

pakāpes nosaka asins plazmas daudzumu. Pēdējā laikā asins daudzuma noteikšanai lieto dzelzs (Fe^{32}) un fosfora (P^{32}) radioaktīvos izotopus, kurus ievada asinīs. Pēc izotopu koncentrācijas nosaka asins daudzumu organismā. Dažādu sugu dzīvniekiem kopējais asins daudzums organismā ir dažāds.

Kopējā asins daudzuma palielināšanos sauc par pletoru jeb hipervolēmiju, bet tā samazināšanos — par oligēmiju jeb hipovolēmiju. Pletora var izveidoties, palielinoties šķidrums daudzumam organismā vai pieaugot formelementu skaitam un lielumam, bet oligēmija — tūlīt pēc asiņošanas, ūdens zaudējuma gadījumā vai arī pēc ilgstošas badošanās.

ASINS FORMELELEMENTI

Pie asins formelementiem pieder sarkanie asinsķermenīši, baltie asinsķermenīši un asins plātnītes.

ERITROCĪTI

Eritrocīti (grieķiski *erythros* — sarkans, *kytos* — šūna) jeb sarkanie asinsķermenīši ir specifiskas asins šūnas. To galvenā funkcija ir skābekļa pārvešana no elpošanas orgāniem uz ķermeņa audiem un ogļskābes transportēšana no audiem uz elpošanas orgāniem. Eritrocīti izpilda arī asins bufersistēmas funkcijas, piedalās ūdens maiņā un barības vielu transportēšanā, piemēram, adsorbējot uz savas virsmas aminoskābes. Saistot un padarot nekaitīgas dažādas indes, eritrocīti piedalās arī organisma aizsargfunkcijās.

Eritrocītu struktūra, forma un daudzums

Eritrocīti sastāv no smalka «skeleta» jeb stromas un apvalka. Tajos ir 60% ūdens un 40% sausnes. 90% no eritrocītu sausnes ir hemoglobīns, bet 10% — citas olbaltumvielas, minerāl-sāļi, glikoze, lipīdi un fermenti (katalāze, karboanhidrāze). Eritrocītos ir vairāk K^+ un mazāk Na^+ jonu nekā asins plazmā.

Zidītājiem eritrocīti ir apaļas, abpusēji ieliekta, elastīgas bezkodola plātnītes, izņemot briedi, lamu un kamieli, kuriem eritrocīti ir ovāli. Putniem, rāpuļiem, abiniekiem un zivīm eritrocīti ir ovāli, ar kodolu.

Eritrocītu apvalks ir puscaurlaidīga (semipermeabla) membrāna. Tajā ir 80% olbaltumvielu un 20% lipīdu, kas ļoti laizi cauri gāzes, ūdeni, glikozi, urīnvielu, anjonus (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}), slikti katjonus (K^+ , Na^+), izņemot H^+ jonus, un nemaz neļauj cauri Ca^{2+} , lipīdus, olbaltumvielas, to skaitā arī hemoglobīnu.

Eritrocītu un leikocītu daudzums un hemoglobīna saturs dažādu sugu dzīvnieku un cilvēka asinīs

Suga	Eritrocītu skaits 1 mm ³ asins (miljons)	Leikocītu skaits 1 mm ³ asins (tūkstošos)	Hemoglobīna saturs (g%)
Govs	6,0	8,2	11,0
Zirgs	8,0	8,0	13,0
Aita	10,0	9,0	12,0
Kaza	14,4	10,0	10,7
Cūka	6,0—8,0	14,8	11,0
Suns	6,5	10,0	13,6
Kaķis	7,0	12,0	11,0
Trusis	5,8	8,0	11,7
Vista	3,5	30,0	12,0
Zivis	0,1—4,0	10,0—150,0	10,0—50,0
Cilvēks	4,0—5,5	7,0	14,5

Eritrocītu apvalkam ir liela nozīme noteikta eritrocītu specifiskā sastāva saglabāšanā.

Mikroskopiski eritrocīti izskatās zaļgani dzelteni, bet biežā slānī tie ir sarkani. Eritrocītu sarkano krāsu nosaka hemoglobīns.

Lauksaimniecības dzīvniekiem eritrocītu diametrs ir 4...6 μm. To kopējā virsma ir ļoti liela: zirgam eritrocītu kopējā virsma ir 14 000 m², govij — 16 000 m², aitai — 3000 m², kazai — 2900 m² un cūkai — 3000 m².

Eritrocītu daudzumu nosaka mikroskopiski, saskaitot to daudzumu 1 mm³ asins (8. tabula). Skaitīšanai lieto Birkeru, Fuksu—Rozentālu, Gorjajevu, Kļučarevu—Predtečensku, Tirku, Toma—Ceisa un citas skaitāmās kameras.

Eritrocītu daudzums atkarīgs no dzīvnieka sugas, vecuma, dzimuma, ēdināšanas, turēšanas apstākļiem, diennakts laika, dzīvnieka produktivitātes, asinsrades orgānu fizioloģiskā stāvokļa, skābekļa daudzuma gaisā, dažādām slimībām, eritrocītu noārdīšanās ātruma un citiem faktoriem.

Eritrocītu skaita palielināšanos sauc par eritrocitozi, bet samazināšanos — par eritropēniju. Eritrocitoze var iestāties, ja organismam trūkst skābekļa, bet eritropēnija — pastiprinoties eritrocītu noārdīšanās procesiem, kā arī tad, ja ir pavājināta to veidošanās.

Eritrocītu hemolīze

Ja eritrocītus ievieto hipotoniskā šķīdumā vai arī samazina asins osmotisko spiedienu, eritrocīti uzbriest, pārplīst un izšķīst plazmā. No eritrocītiem atbrīvojas hemoglobīns, kas pāriet asins

plazmā. Šo parādību sauc par hemolīzi. Hemolizētas asinis ir caurspīdīgas, lakveidīgas. Hemolīzi var izraisīt, asinīm piejaucot ēteri, hloroformu un citas vielas. Tās cēlonis var būt arī dažu čūsku indes, kurām piemīt hemolizējošas īpašības, vai arī īpašas vielas — hemolizīni, kas rodas organismā, ja tajā ievada citas sugas dzīvnieka asinis.

Hemolīzi var radīt arī dažādi fizikāli faktori, piemēram, paaugstināta temperatūra, rentgenstarojums, ultraskaņas viļņi u. c. Fizioloģiski hemolīze notiek visu laiku retikuloendoteliālajā sistēmā, eritrocītiem noārdoties.

Atkarībā no faktoriem, kas izraisa hemolīzi, izšķir vairākus hemolīzes veidus (9. tabula).

9. tabula

Hemolīzes veidi

Hemolīze	Faktori, kas izraisa hemolīzi	Hemolīzes mehānisms
Osmotiskā	Hipotoniski šķīdumi	Eritrocītos uzsūcas ūdens, eritrocīti uzbriest, un to apvalks pārplīst
Ķīmiskā	1. Ēteris, hloroforms, benzīns, spirts 2. Skābes, sārmī	Izšķīdina eritrocītu olbaltumvielu—lipīdu apvalku un strumu
Bioloģiskā	1. Eritrocītu aglutinācija, pārlejot nesaderīgas asinis 2. Indes, ko izdala čūskas, dažu sugu kukaiņi un zarnu parazīti	Noārda eritrocītus Izšķīst eritrocītu apvalks
Mehāniskā	Kratišana vai mehāniska eritrocītu saspiešana	Palielinās eritrocītu apvalka caurlaidība vai noārdās to apvalks un stroma
Termiskā	Atdzesēšana līdz sasalšanai	Eritrocīti tiek noārdīti mehāniski Sasalušā ūdens kristāli saplēš eritrocītu apvalku

Eritrocītu rezistence

Par eritrocītu rezistenci sauc eritrocītu spēju pretoties hemolizējošiem faktoriem. Normālos fizioloģiskos apstākļos saglabājas eritrocītu forma un lielums, jo eritrocītu un asins plazmas osmotiskais spiediens ir vienāds. Ja eritrocīti atrodas vidē ar paaugstinātu osmotisko spiedienu (hipertoniskā šķīdumā), tie zaudē ūdeni un sarūk, bet vidē ar pazeminātu osmotisko spiedienu (hipotoniskā šķīdumā) tie uzņem no vides ūdeni, uzbriest, pārplīst un zaudē hemoglobīnu — notiek hemolīze. Eritrocītu rezistences spēja dažādu sugu dzīvniekiem ir dažāda. Bez tam tā ir atkarīga arī no

dzīvnieka veselības stāvokļa. Daži eritrocīti uzbriest vai sairst jau pie nelielām osmotiskā spiediena izmaiņām, citi iztur daudz lielākas novirzes. Jo lielāka ir osmotiskā spiediena novirze vai mazāka eritrocītu osmotiskā rezistence, jo vairāk eritrocītu sairst. Eritrocītu rezistences noteikšanai ir liela nozīme klīniskajā praksē.

Eritrocītu rezistences noteikšanai eritrocītus ievieto dažādās koncentrācijās (no 0,95% līdz 0,3%) NaCl šķīdumos. Pēc kāda laika, kad eritrocīti ir nostājušies, vienā no šķīdumiem var redzēt pirmās hemolīzes pazīmes (minimālā eritrocītu rezistence), bet mazākas koncentrācijās šķīdumos notiek pilnīga eritrocītu hemolīze (maksimālā eritrocītu rezistence).

Eritrocītu grimšanas ātrums

Ja asinis ielej mēģenē un aizkavē to sarecēšanu, tad pēc neilga laika asins formelementi nogulsņējas apakšā, bet asins plazma paliek virspusē. Tā kā asins formelementu galveno masu sastāda eritrocīti, tad arī šo asins formelementu atdalīšanos no plazmas un nosēšanos sauc par eritrocītu grimšanas reakciju (EGR).

EGR ātrums dažādu sugu dzīvniekiem ir dažāds un atkarīgs no organisma fizioloģiskā stāvokļa (10. tabula). Tā, piemēram, grūsnības laikā, kā arī dažu slimību gadījumā tas ir paātrināts. Tāpēc EGR ātruma noteikšanai ir svarīga nozīme slimību diagnostikā.

Par eritrocītu grimšanas cēloni uzskata to aglutināciju jeb salīpšanu. Jo straujāk notiek eritrocītu salīpšana, jo ātrāk notiek arī to nosēšanās.

Par aglutinācijas cēloni uzskata izmaiņas asins plazmas olbaltumvielu sastāvā. Tā, piemēram, palielinoties globulina daudzumam, tie adsorbējas uz eritrocītu virsmas un samazina eritrocītu negatīvo lādiņu, izmaina membrānas īpašības, veicina eritrocītu agregāciju un monētstabiņu veidošanos. Salīpušie eritrocīti ātrāk grimst.

10. tabula

Dažādu sugu dzīvnieku eritrocītu grimšanas ātrums

Reģistrācijas laiks	Eritrocītu grimšanas ātrums (mm)					
	zirgam	govij	aitai	cūkai	sunim	trusim
15 min.	38,0	0,1	0,2	3,0	0,2	0,0
30 min.	49,0	0,25	0,4	8,0	0,9	0,3
45 min.	60,0	0,40	0,6	20,0	1,7	0,9
60 min.	64,0	0,58	0,8	30,0	2,5	1,5

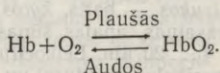
Hemoglobīns

Hemoglobīns (Hb; grieķiski *haima* — asinis, latīniski *globus* — lodīte) ir asins elpošanas pigments, kas piedalās skābekļa pārvešanā no elpošanas orgāniem uz audiem un CO₂ izvadīšanā no organisma šūnām un audiem.

Visiem mugurkaulniekiem hemoglobīns ir ieslēgts eritrocītos. Hemoglobīns pieder pie hromoproteīdiem un sastāv no olbaltumvielas daļas — globīna (96%) un dzelzi saturošas pigmenta daļas — hēma (4%). Hemoglobīna dzelzs ir divvērtīga, un tās saturs hemoglobīna molekulā sastāda 0,336%. Hēma daļa visu dzīvnieku hemoglobīnā ir vienāda, atšķirības ir tikai globīna daļā.

Augļa hemoglobīnam atšķirībā no pieauguša dzīvnieka hemoglobīna ir citāda kristālu forma un lielāka tieksme savienoties ar skābekli.

Hemoglobīns viegli savienojas ar skābekli, veidojot nestabilu, viegli disociējošu savienojumu — oksihemoglobīnu (HbO₂). Hemoglobīna savienošanās reakcija ar skābekli ir atgriezeniska, un tās virziens atkarīgs no skābekļa parciālā spiediena:



Plaušu kapilāros hemoglobīns viegli piesaista skābekli, bet audu kapilāros disociē, sadaloties hemoglobīnā (reducētais hemoglobīns) un skābeklī. Audos ar ogļskābi hemoglobīns veido nestabilu, viegli disociējošu savienojumu — karbohemoglobīnu (HbCO₂).

Hemoglobīns var savienoties arī ar oglekļa oksīdu (CO) jeb tvana gāzi, veidojot stabilu savienojumu — karboksihemoglobīnu (HbCO). Ar oglekļa oksīdu tas savienojas 250...300 reizes ātrāk nekā ar skābekli, bet atdod to ļoti lēni, tāpēc uz ilgu laiku ir traucēta hemoglobīna skābekļa pārvešanas funkcija. Ja gaisā ir 0,09% oglekļa oksīda, vairāk nekā puse no hemoglobīna pārvēršas karboksihemoglobīnā un skābekļa trūkuma dēļ var iestāties nāve. Sniedzot pirmo palīdzību slimniekam, kas saindējies ar tvana gāzi, cietušais jānovieto svaigā gaisā. Tīra skābekļa ieelpošana sekmē tvana gāzes izspiešanu no karboksihemoglobīna.

Zivis (karpas, zuši, līdakas) pret oglekļa oksīdu ir mazāk jutīgas.

Ja uz oksihemoglobīnu iedarbojas spēcīgi oksidētāji (sarkanā asinssāls, anilīns, ūdeņraža peroksīds, ozons u. c.), izveidojas methemoglobīns. Methemoglobīns ir stabils hemoglobīna un O₂ savienojums, kur hemoglobīna prostētiskās grupas divvērtīgā dzelzs pārvēršas trīsvērtīgajā dzelzī. Methemoglobīns nespēj šūnām atdot skābekli, tas reducējas ļoti lēnām, tāpēc lielāka methemoglobīna daudzuma izveidošanās var izraisīt nāvi nosmukot (anoksēmija).

Hemoglobīna saturs asinīs var būt dažāds atkarībā no dzīvnieka sugas, dzimuma, vecuma, ēdināšanas, nodarbināšanas un veselības stāvokļa. Normāli hemoglobīna daudzums asinīs ir diezgan pastāvīgs. Mājdzīvnieku asinīs ir 10...15% hemoglobīna no asins masas. Jaundzimušiem asinīs ir vairāk hemoglobīna nekā pieaugušiem. Tām govīm, kurām ir lielāks izslaukums, hemoglobīna saturs asinīs ir augstāks nekā mazproduktīvām govīm. Tā saturs asinīs pieaug arī intensīva muskuļu darba laikā, piemēram, zirgiem līdz 22,6%. Hemoglobīna saturs asinīs samazinās pēc lielākiem asiņojumiem, kā arī eritropoēzes (eritrocītu veidošanās) traucējumu gadījumā.

Hemoglobīna daudzumu asinīs nosaka kolorimetriski ar Sali hemometru. Kvalitatīvi dažādus hemoglobīna stāvokļus (Hb, HbO₂, HbCO₂, HbCO, methemoglobīnu) nosaka ar spektrālo analīzi.

LEIKOCĪTI

Leikocīti (grieķiski *leukos* — balts, *kytos* — šūna) jeb baltie asinsķermenīši ir bezkrāsainas, apaļas šūnas ar kodolu un citoplazmu. To diametrs ir 4...20 μm. Leikocītu kodoliem ir dažāda forma. Citoplazmai ir specifiska struktūra, un tā spēj izdarīt dažādas amēbveida kustības, tāpēc leikocīti var izkļūt caur asinsvadu kapilāru sienu un brīvi pārvietoties starpšūnu telpā.

Leikocīti aizsargā organismu no mikroorganismu iekļūšanas un savairošanās audos vai asinīs, veido imūnvielas, atindē toksīnus un piedalās vielu maiņas procesā.

Organismā iekļuvušie mikroorganismi izdala indīgas vielas — toksīnus, kuru kairinājuma ietekmē leikocīti virzās uz inficēto vietu. Leikocītu pārvietošanos ķīmiskā kairinājuma virzienā sauc par pozitīvo hemotaksi.

Leikocīti mikroorganismus apņēm ar pseidopodijām, ietver tos un sagremo. Šo leikocītu funkciju iznīcināt organismā iekļuvušos mikroorganismus I. Mečņikovs nosauca par fagocitozi, bet pašas šūnas — par fagocītiem.

Leikocīti turpina fagocitēt un sagremot mikroorganismus tik ilgi, kamēr ir likvidēts infekcijas perēklis vai arī kamēr paši aiziet bojā no fagocitēto baktēriju toksīniem. Bojā gājušie leikocīti infekcijas vietā izveido strutas.

I. Mečņikovs noskaidroja, ka leikocīti ne tikai piedalās organismā iekļuvušo mikroorganismu iznīcināšanā, bet iznīcina arī organismam nevajadzīgās šūnas. Tātad leikocīti piedalās organisma audu morfoloģiskās struktūras pārveidošanā.

Pēc morfoloģiskajām atšķirībām leikocītus iedala granulocītos jeb graudainās šūnās un agranulocītos jeb bezgraudainās šūnās. Pie agranulocītiem pieder limfocīti un monocīti.

Granulocīti pēc citoplazmas krāsošanās savukārt iedala 1) bazofilajos leukocītos (krāsojas ar bāziskām krāsvielām), 2) eozinofilajos leukocītos (krāsojas ar skābām krāsvielām) un 3) neitrofilajos leukocītos (krāsojas ar skābām un bāziskām krāsvielām). Neitrofilos leukocītus pēc to kodola attīstības un formas iedala jaunos (neseģmentēts kodols), stabīņveida un seģmentētos (seģmentēts kodols) leukocītus.

Atsevišķu leukocītu formu daudzuma procentuālo attiecību sauc par leukocitāro formulu. Leukocitārā formula var stipri mainīties dažādu slimību gadījumā, tāpēc tās noteikšanai ir ļoti liela nozīme klīniskajā diagnostikā.

Bazofilie leukocīti piedalās galvenokārt organisma aizsargreakcijā pret parenterāli ievadītām svešām olbaltumvielām un sintezē heparīnu un histamīnu. Tiem ir labi izteikta fagocitozes spēja. Eozinofilo leukocītu skaits pieaug parazitāro slimību gadījumā. Tie absorbē uz savas virsmas histamīnu un noārda to. Neitrofilie leukocīti, kurus sauc arī par mikrofāģiem, ir ļoti aktīvi fagocīti, jo tiem ir labi izteiktas amēbveida kustības. Sevišķi stipri to skaits pieaug infekcijas slimību gadījumā. Neitrofilie leukocīti izstrādā dažādus antibakteriālus fermentus.

Limfocīti ir nelielas šūnas ar relatīvi lielu, apaļu kodolu, ko plānā kārtā apņem citoplazma. Limfocīti ir mazkustīgi, tāpēc to galvenā funkcija ir imūnvielu ražošana un toksīnu neitralizēšana.

Monocīti, kurus sauc arī par makrofāģiem, ir vislielākās asins šūnas (10...20 μm). Tiem ir liels pupveida kodols, ko apņem viegli graudainas citoplazmas slānis. Monocītiem ir labi izteiktas amēbveida kustības, tāpēc tie aktīvi fagocitē dažādus svešķermeņus. Tie piedalās arī imūnvielu veidošanā.

Leukocītu daudzums. Leukocītu ir daudz mazāk nekā eritrocītu (apmēram 600 reizes), un to skaits asinīs ir stipri mainīgs. Leukocītu palielinātu daudzumu sauc par leukocitozi, bet pamazinātu daudzumu par — leukopēniju. Leukocītu daudzums parasti palielinās muskuļu darbā (miogēnā leukocitoze), grūsnības laikā (grūsnības leukocitoze), laktācijas periodā un pēc barības uzņemšanas (gremošanas leukocitoze). Zālēdājiem, kuriem kuņģī un zarnās gremošanas procesi norisinās nepārtraukti, nav novērojama gremošanas leukocitoze.

TROMBOCĪTI

Trombocīti jeb asins plātnītes ir ieapaļas, nenoteiktas formas bezkodola plātnītes ar 2...4 μm diametru. Nokrāsotās uztriepēs mikroskopā var redzēt to specifisko struktūru ar sīkgraudainiem ieslēgumiem. Uzskata, ka trombocīti ir šūnu šķembas.

Trombocīti galvenokārt piedalās asins sarecēšanā. Tie izraisa arī asins recekļa retrakciju.

Putniem un zemākajiem mugurkaulniekiem trombocīti ir ovālas vai vārpstveida šūnas ar lielu kodolu. Citoplazmas tajos ir maz.

Trombocītu daudzumu ir grūti noteikt, jo tie ļoti ātri salīp un sabrūk. To daudzums atkarīgs no dažādiem apstākļiem, tāpēc tas ir stipri svārstīgs. Zīdītājiem dzīvniekiem 1 mm^3 asins ir apmēram 300 000... 600 000, bet putniem (vistām) — 25 000... 70 000 trombocītu.

Trombocītu daudzuma palielināšanās jeb trombocitoze ir novērojama muskuļu darba laikā. Trombocītu samazinātu daudzumu asinīs sauc par trombopēniju; tā parasti novērojama hemorāģijas gadījumā. Trombopēnija var rasties arī pēc tam, ja organisms apstarots ar radioaktīvajiem stariem.

ASINS SARECĒŠANA

Asins sarecēšana ir svarīga organisma aizsargfunkcija, kas aizkavē asins zaudēšanu asinsvadu bojājuma gadījumā. Asinīm izplūstot no asinsvada, tās ātri sarec, veidojot asins recekli (trombu), kurš noslēdz ievainotos asinsvadus un izbeidz tālāko asiņošanu.

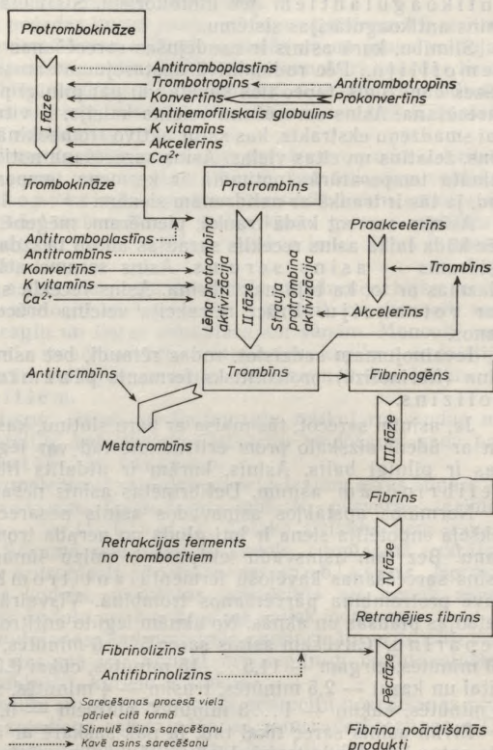
Asins sarecēšana ir sarežģīts daudzpakāpju fermentatīvs process, kurā piedalās apmēram 29 dažādi aktivatori, kavētāji un antikavētāji faktori. Šis process sevī ietver nesaraujami saistītus asins sarecēšanas un antisarecēšanas mehānismus, kuri atrodas dinamiskā mijiedarbībā. Asins antisarecēšanas mehānismam liela nozīme ir tad, kad asinis atrodas asinsvados.

Asins sarecēšanas procesā izšķir četras fāzes. Pirmajā fāzē asins sarecēšanas ferments protrombokināze pāriet aktīvā formā — trombokināzē (sk. shēmu). Ja ir ievainoti vai bojāti asinsvadi, tad ļoti ātri sabrūk trombocīti, no kuriem atbrīvojas neaktīvā protrombokināze (protromboplastīns). Protrombokināze izdalās arī no bojātiem audiem. Kalcija jonu, K vitamīna un citu faktoru ietekmē fermenti trombotropīns un konvertīns to pārvērš aktīvā trombokināzē jeb tromboplastīnā. Aktīvo trombokināzi satur arī leukocīti un citas audu šūnas (galvenokārt plaušu, smadzeņu un placentas).

Otrajā asins sarecēšanas fāzē trombokināze Ca^{2+} jonu, K vitamīna un konvertīna ietekmē aktivizē protrombīnu (protrombāzi, trombogēnu), pārvēršot to aktīvā vielā — trombīnā. Šī procesa sākumā trombīna veidošanās noris lēni. Kad aktīvais trombīns, iedarbojoties uz proakcelerīnu, pārvērš to akcelerīnā, tad tas izraisa strauju trombīna veidošanos.

Trešajā asins sarecēšanas fāzē trombīns asins olbaltumvielu fibrinogēnu pārvērš nešķīstošā fibrīnā. Fibrīns ir ļoti smalks un biezs diegveidīgs tiklojums, kas, ietverot sevī asins formelementus, veido asins recekli. Trombīnu, kas paliek asinīs pēc asins sarecēšanas, inaktivizē antitrombīns, pārvēršot to metatrombīnā.

Asins sarecēšanas shēma



Ceturtajā fāzē (pēcfāzē) notiek asins recekļa savilkšanās un pēc tam fibrīna izšķīšana.

Asins sarecēšanu aizkavē, pieliekot asinīm piesātinātus neitrālo sāļu šķīdumus, peptonus un albumozes, nātrija citrātu (citrātasinis) vai skābeņskābi (oksalātasinis), kā arī atņemot kalcija sāļus. Sarecēšana strauji palēninās aukstumā vai arī tad, ja asinis ieļj traukā, kura sienas ir pārklātas ar parafīnu, jo gluda virsma neierosina trombocītu sabrukšanu. Asins sarecēšanu kavē dēļu siekalu ekstrakts — hirudīns, antitromboplastīns, antitrombīns jeb heparīns, kā arī dikumarīns, ko dzīvnieki var uzņemt ar bojātu,

satrūdējušu sienu. Vielas, kas kavē asins sarecēšanu, sauc par antikoagulantiem jeb inhibitoriem. Šīs vielas tad arī veido asins antikoagulācijas sistēmu.

Slimību, kurā asinis ir zaudējušas sarecēšanas spēju, sauc par hemofiliju. Pēc radioaktīvā apstarojuma samazinās trombokināzes daudzums, tāpēc tiek kavēta vai pat pilnīgi pārtraukta asins sarecēšana. Asins sarecēšanu veicina kalcijs, K vitamīns, muskuļu vai smadzeņu ekstrakts, kas satur aktīvo trombokināzi, kā arī trombīns, želatīns un citas vielas. Asins sarecēšana notiek ātrāk paaugstinātā temperatūrā (optimālā ir ķermeņa temperatūra) vai arī tad, ja tās ir traukā ar nelidzenām sienām.

Asinīm sarecot kādā traukā, piemēram, mēģenē, var redzēt, ka pēc kāda laika asins receklis saraujas un no tā izdalās caurspīdīgs šķidrums — asins serums. Asins serums atšķiras no asins plazmas ar to, ka tajā nav fibrīna. Asins recekļa saraušanos sauc par retrakciju. Brūcē retrakcija veicina brūces malu savilkšanos.

Ievainojumam sadzīstot, rodas rētaudi, bet asins recekli izšķīdina (fibrinolizē) proteolītisks ferments plazmīns jeb fibrinolizīns.

Ja, asinīm sarecot, tās maisa ar zaru slotiņu, kas uztver fibrīnu, un ar ūdeni aizskalo prom eritrocītus, tad var iegūt tīru fibrīnu, kas ir pilnīgi balts. Asinis, kurām ir atdalīts fibrīns, sauc par defibrinētām asinīm. Defibrinētas asinis nesarec.

Normālos apstākļos asinsvados asinis nesarec, jo asinsvadu iekšējā endotēlija siena ir ļoti gluda un nerada trombocītu sabrukšanu. Bez tam asinsvadu iekšpusē ir milzu šūnas, kas izstrādā asins sarecēšanas kavējošu fermentu antitrombīnu. Tas aizkavē protrombīna pārvēršanos trombīnā. Visvairāk antitrombīna veidojas plaušās un aknās. No aknām iegūto antitrombīnu sauc par heparīnu. Cilvēkam asinis sarec 5...6 minūtēs, govij — 6,5...10 minūtēs, zirgam — 11,5...15 minūtēs, cūkai 3,5...5 minūtēs, aītai un kazai — 2,5 minūtēs, trusim — 4 minūtēs, sunim — 2,5...3 minūtēs, kaķim — 1...3 minūtēs, putniem — 0,5...2 minūtēs.

Zivīm asinis sarec tikai tad, ja nāk saskarē ar ādas gļotām, jo tās satur ļoti daudz trombokināzes. Ja zivīm asinis noņem tieši no sirds vai asinsvadiem, tad tās nesarec pat pēc vairākām stundām.

ASINS FORMELEMENTU RAŠANĀS

Organismā notiek nepārtraukta asins noārdīšanās un jaunveidošanās. Zīdītājiem dzīvniekiem eritrocīti dzīvo apmēram 50...120 dienas. Cilvēkam eritrocīti dzīvo 100...120 dienas, govij — 50...60 dienas, bet cūkai — vidēji 65 dienas. Slimību gadījumā eritrocītu dzīves ilgums samazinās. Leikocīti dzīvo tikai dažas dienas. Granulocīti dzīvo 8...10 dienas, bet limfocīti — tikai 1...

2 dienas. Trombocīti dzīvo 8...9 dienas. Domā, ka pēc tam tos uztver retikuloendoteliālās sistēmas šūnas.

Katru dienu noārdās un no jauna veidojas apmēram 1% eritrocītu. Govs organismā katru sekundi noārdās un no jauna veidojas apmēram 21 miljons eritrocītu. Eritrocīti galvenokārt noārdās liesā. No to hemoglobīna veidojas žults pigmenti bilirubīns un biliverdīns. Dzelzs, kas atbrīvojas, eritrocītiem noārdoties, tiek izmantota jaunu eritrocītu veidošanai.

Asins formelementu veidošanos sauc par hemopoēzi. Eritrocītu veidošanos sauc par eritropoēzi, bet leukocītu veidošanos — par leukopoēzi. Hemopoēze norisinās kaulu smadzenēs (krūšu kaulā, ribās, skriemeļos un stobra kaulu galos — epifizēs), liesā un limfmezglos. Embrionālās attīstības laikā asins formelementi veidojas arī aknās.

Svarīgākais asinsrades orgāns ir kaulu smadzenes, tajās veidojas eritrocīti, granulocīti un trombocīti. Limfocīti un monocīti veidojas no limfmezglu un liesas retikulārajām šūnām. Monocīti veidojas arī no kaulu smadzeņu retikulārajām un kapilāru endotēlija šūnām. Trombocīti veidojas no kaulu smadzeņu milzu šūnām — megakariocītiem.

Kaulu smadzeņu, liesas un limfmezglu retikulāros audus un asinsvadu endotēliju, kas piedalās leukocītu veidošanā, sauc par retikuloendoteliālo sistēmu.

Visi asins formelementi veidojas no primārajām asins šūnām — hemocitoblastiem. Daļa hemocitoblastu pārvēršas primārajos eritrocītos — eritoblastos. Tālākā attīstībā tiem ir vairākas stadijas. Sākumā samazinās to kodols, citoplazmā uzkrājas hemoglobīns un eritroblasti pārvēršas normoblastos. Normoblasti, zaudējot kodolu, pārvēršas eritrocītos un nonāk asins straumē. Zaudētā kodola vietā eritrocītos paliek iedobums.

Pēc asins zaudēšanas, kad norisinās pastiprināta eritrocītu veidošanās, asins straumē var nonākt arī nepilnīgi nogatavojušies eritrocīti (normoblasti), kuriem ir kodols.

Eritropoēzi kaulu smadzenēs stimulē eritrocītu noārdīšanās produkti, skābekļa spiediena samazināšanās asinsrades orgānos, CO₂ koncentrācijas pieaugums un antianēmiskais faktors.

Antianēmiskais faktors veidojas kuņģī no ārējā un iekšējā (Kestla) faktora. Ārējo faktoru — B₁₂ vitamīnu uzņem ar barību, bet iekšējo faktoru — apoeriteīnu producē kuņģa *pylorus* daļas gļotāda. Ārējam un iekšējam faktoram savienojoties veidojas aktīvā viela — antianēmiskais faktors, kas uzsūcas asinīs un nogulsnējas aknās. Ļaundabīgās anēmijas gadījumā ir traucēta antianēmiskā faktora veidošanās, kas izraisa eritropoēzes traucējumus.

Granulocīti un agranulocīti (limfocīti un monocīti) veidojas no hemocitoblastiem.

Granulocītu veidošanās procesā no hemocitoblastiem veidojas mieloblasti, no tiem — promielocīti, bet no promielocītiem

veidojas mielocīti. Mielocīti pārvēršas jaunajās formās (metamielocitos). Jaunajām formām kodols nav vairs apaļš, bet ieliekts, pupas veida. Jaunās formas pārvēršas stabīņkodolainajās formās. Tām ir ieliekta stabīņa veida vai pakavveida kodols. Stabīņkodolaino formu kodols sadalās vairākās daļās. Tā veidojas segmentkodolainās formas. Mielocītu, jauno formu, stabīņkodolaino un segmentkodolaino formu citoplazmā atrodas sīki graudiņi (granulas), tāpēc šos leikocītus sauc par granulocītiem. Granulas krāsojas dažādi, un atkarībā no tā granulocītus klasificē.

No hemocitoblasta veidojas arī limfoblāsti un no tiem — limfocīti.

Uzskata, ka monocīti var veidoties kā no limfoblāsta, tā arī no mieloblāsta vai pat no hemocitoblasta. Lai gan uzskata, ka trombocīti veidojas no kaulu smadzeņu milzu šūnām — megakariocītiem, kas savukārt veidojas arī no hemocitoblastiem, visumā tomēr jautājums par trombocītu ģenēzi pagaidām ir atklāts.

Lai notiktu normāla asins veidošanās, dzīvniekiem jāsaņem pilnvērtīga barība. Sevišķi svarīgi ir saņemt pilnvērtīgas olbaltumvielas, kas satur pietiekami daudz tirozīna, fenilalanīna un prolīna. Asins veidošanās procesam ir nepieciešams arī C un B₁₂ vitamīns, dzelzs, varš, kā arī kobalts, kas ietilpst B₁₂ vitamīna sastāvā.

Jauniem dzīvniekiem ir intensīvāka asinsrades orgānu darbība nekā veciem dzīvniekiem. Asins formelementi noārdās liesas, aknu un kaulu smadzeņu retikuloendoteliālās sistēmas šūnās.

Asins formelementu veidošanos un noārdīšanos regulē nervu sistēma. Traucējumi hemopoēzē var izraisīt to daudzuma samazināšanos. Sevišķi smagi hemopoēzes traucējumi rodas pēc radioaktīvā apstarojuma. Asinsrades orgānu šūnas ir daudz jutīgākas pret radioaktīviem apstarojumiem nekā pilnīgi izveidojušies asins formelementi, kas cirkulē asinīs (izņemot limfocītus). Visjutīgākie pret jonizējošo apstarojumu ir limfocīti, tad hemocitoblasti un eritroblasti. Mazāk jutīgi ir mieloblāsti, tad megakariocīti. Visrezistentākie pret radioaktīvo apstarojumu ir monocīti.

ASINS GRUPAS

Lai varētu pārliet asinis no viena dzīvnieka tās pašas sugas otram dzīvniekam, nepieciešams noteikt asins grupas, jo pārliet var tikai saderīgas asinis, kas nerada aglutināciju (eritrocītu salīšanu). Salīpušie eritrocīti veido nelielus kamoliņus, kuri, aizsprostojot sīkos asinsvadus, var izraisīt nāvi.

Aglutinācija notiek tāpēc, ka asins plazmā ir īpaša aglutinētāja (salīpinātāja) viela — aglutinīns un eritrocītos ir aglutinējama (salīpināma) viela — aglutinogēns. Plazmā ir divi aglutinīni: α (alfa) un β (beta). Eritrocītos savukārt ir arī divi aglutinogēni: A un B.

Aglutinācija notiek tad, ja aglutinīns α nāk saskarē ar aglutinogēnu A vai aglutinīns β ar aglutinogēnu B. Tātad, ja eritrocīti satur aglutinogēnu A, tad asins plazmā nedrīkst atrasties aglutinīns α , bet, ja eritrocītos atrodas aglutinogēns B, tad asins plazmā nedrīkst būt aglutinīns β . Citās kombinācijās aglutinācija nenotiek.

Pārlejot asinis, ir svarīgi noteikt tikai, lai asins devēja (donora) eritrocītus neaglutinētu asinsņēmēja (recipienta) plazma. Donora asins plazma, kuras ir nedaudz un kura, lēni ievadot, ātri atšķaidās, nespēj izraisīt recipienta eritrocītu aglutināciju.

Cilvēku asinis iedalās čertās asins grupās, kur aglutinīni un aglutinogēni atrodas tādās kombinācijās, kas nerada aglutināciju (11. tabula).

11. tabula

Asins grupu apzīmējumi

Grupu iedalījums	Aglutinogēni	Aglutinīni	Pilns asins grupas apzīmējums	Saisināts asins grupas apzīmējums
I	0	α, β	0(I) α, β	0(I)
II	A	β	A(II) α	A(II)
III	B	α	B(III) β	B(III)
IV	AB	0	AB(IV)0	AB(IV)

Sajaucot pēc kārtas savā starpā visu grupu asinis un apzīmējot aglutināciju ar plusa zīmi (+), bet tās trūkumu ar minusa zīmi (-), iegūst 12. tabulā uzrādītos rezultātus.

12. tabula

Asins grupu saderība

Asins plazmas aglutinīni	Eritrocītu aglutinogēni			
	I(0)	II(A)	III(B)	IV(AB)
I α un β	—	+	+	+
II β	—	—	+	+
III α	—	+	—	+
IV0	—	—	—	—

Apskatot 12. tabulu pa vertikālēm, redzams, ka I grupas asinis var pārliet visām grupām (universālais donors), II grupas asinis var pārliet II un IV grupai piederošām asinīm, III grupas asinis var pārliet III un IV grupai, bet IV grupas asinis var pārliet tikai IV grupai piederošām asinīm.

Apskatot tabulu pa horizontālēm, redzam, ka cilvēkiem, kuriem ir I grupas asinis, var pārliet tikai I grupas asinis, II asins grupai var pārliet tikai I un II grupas asinis, III grupai var pārliet I un III grupas asinis, bet IV grupai var pārliet visu grupu asinis (universālais recipients).

Asins grupas nosaka ar speciāliem standartserumiem. Izmeklējamās asinis uz priekšmetstikla sajauc ar II un III grupas standartseruma pilieniem. Ja pēc 5 minūtēm nevienā no pilieniem aglutinācija nenotiek, tad izmeklējamās asinis pieder pie I grupas. Ja aglutinācija rodas tikai ar III grupas serumu, tad asinis pieder pie II grupas. Ja aglutinācija notiek tikai ar II grupas serumu, tad asinis pieder pie III grupas, bet, ja aglutinācija notiek ar abu grupu serumiem, tad asinis pieder pie IV grupas.

Asins grupa ir iedzimta, un tā neizmainās visu mūžu.

Tagad ir zināmi arī vēl citi aglutinogēni — M, N, P un Rh un citi.

Mājdzīvniekiem asins grupas vēl nav pilnīgi noskaidrotas. Uzskata, ka zirgiem ir 4 asins grupas, govīm — 3, cūkām — 4, bet aitām — 2 asins grupas.

Sakarā ar to, ka mājdzīvniekiem nav stingri noteiktas asins grupas, tad pirms asins pārļiešanas nosaka donora un recipienta asins saderību. Uz priekšmetstikla uzliek recipienta asins seruma pilienus un donora eritrocītus. Aglutinācija norāda uz asins nesaderību.

ASINS SASTĀVA REGULĀCIJA

Asins sastāvu ietekmē dzīvnieku ēdināšana, turēšana, klimats un citi apstākļi. Sevišķi stipri to ietekmē dzīvnieku ēdināšana. Labi ēdinātām, augstražīgām govīm laktācijas periodā pieaug eritrocītu un hemoglobīna daudzums. Palielinoties izslaukumam, pieaug neitrofilo leukocītu daudzums.

Asins sastāva regulācijā svarīga nozīme ir nervu sistēmai. Kairinot kaulu smadzeņu nervus, var izraisīt eritrocītu daudzuma palielināšanos asinīs par 13—15%. Simpātiskā nerva kairinājums rada neitrofilo leukocītu un trombocītu daudzuma pieaugumu, bet parasimpātiskā nerva kairinājums — eozinofilo leukocītu daudzuma palielināšanos un trombocītu daudzuma samazināšanos.

Cerņigovskis un viņa līdzstrādnieki izpētījuši, ka asinsrades orgānos: kaulu smadzenēs, limfmezglos un liesā atrodas hemo-receptori, kuru kairinājums izraisa asins sastāva maiņu. Muskuļu darbā vai arī tad, ja ir samazināts skābekļa daudzums organismā, rodas dažādi nepilnīgas oksidācijas produkti, kā arī eritrocītu un leukocītu sabrukuma produkti, kas nonāk asinīs un, kairinot asinsvadu hemoreceptorus, izraisa asinsrades orgānu reflektoriskas pārmaiņas. Asins sastāva izmaiņas reflektoriski izraisa arī mehāniski kuņģa gļotādas baroreceptoru kairinājumi. Sākumā novērojama leukopēnija, kuru samērā krasi nomaina leukocitoze ar leukocitārās formulas novirzi uz neitrofilo pusi. Liela nozīme asins sastāva regulācijā ir galvas smadzeņu garozai, ko pierāda, izstrādājot nosacījuma refleksus uz asins sastāva regulāciju. Tā, piemēram, ja dzīvnieku baro noteiktā laikā un ja šis laiks ir iestājies, bet

dzīvniekam barību nedod, tad asinīs tomēr pieaug leukocītu daudzums (gremošanas leukocitoze). Interesanti atzīmēt, ka sāpju kairinājumi reflektoriski paātrina asins sarecēšanu. Uz asins sarecēšanas paātrināšanu var izstrādāt arī nosacījuma refleksus. Sāpes, aukstums un citi faktori reflektoriski var izraisīt leukocītu fagocitozes spējas pastiprināšanos.

Asins sastāvu un asins veidošanos ietekmē arī iekšējās sekrēcijas dziedzeri (virsnieres, vairogdziedzeris, dzimumdziedzeri).

V. Asinsrite

ASINSRITES EVOLŪCIJA

Zīdītāju dzīvnieku sirds un asinsrites sistēmas orgānu uzbūve un funkcijas ir attīstījušās filogēnētiski.

Vienšūnas dzīvniekiem vielu maiņa starp organismu un apkārtējo vidi notiek caur visu ķermeņa virsmu. Vielu transports citoplazmā tiem notiek uz difūzijas pamata. Arī zemāk attīstītiem daudzšūnu dzīvniekiem, piemēram, zarnodobumaiņiem, vēl nav ne asins, ne arī asinsrites sistēmas. Tiem vielu maiņa starp organisma šūnām un apkārtējo vidi, t. i., ūdeni, notiek starpšūnu ejās.

Asinsvadu sistēma pirmo reizi parādās tārpiem. Bezmugurkaulniekiem tā var būt slēgta vai vaļēja. Dzīvniekiem ar vaļēju asinsvadu sistēmu nav atsevišķi asins un limfas, bet ir viens šķidrums — hemolimfa.

Zemāk attīstītiem tārpiem nav arī sirds. Hemolimfas kustība notiek tāpēc, ka visi asinsvadu sistēmas nodaļējumi var ritmiski savilkties. Tikai augstāk attīstītiem tārpiem (nemertīnām, dēlēm) novērojamas sirds pazīmes, kur noteikti asinsvadu apvidi savelkas biežāk un stiprāk par citiem.

Kukaiņiem un mīkstmiešiem kapilāru vietā ir plašas starpšūnu telpas, kas neizrāda lielu pretestību asinsstraumei, tāpēc to sirdij ir ļoti plānas sienas un tā vāji saraujas.

Sirds nozīme stipri pieaug, attīstoties kapilāru sistēmai, jo asinsstraumei kapilāros rodas liela pretestība. Kapilāru sistēma vispirms attīstās orgānos, kuros ir visintensīvākā vielu maiņa ar apkārtējo vidi, t. i., zarnu sienīnās, izvadorgānos, ādā, žaunās un aknās.

Primitīva vienkameras sirds caurulītes veidā sastopama arī dažiem mugurkaulniekiem, piemēram, lancetniekam. Šī sirds var sarauties no viena vai arī no otra gala atkarībā no tā, kuru vairāk iestiepj pieplūstošās asinis.

Mugurkaulniekiem parasti sirds sastāv no vairākām daļām un asinis plūst tikai vienā virzienā. Divkameru sirds ir zivīm. Tā sastāv no priekškambara un kambara. Vispirms asinis nonāk priekškambarī. Tam ir plānas sienas. No priekškambara asinis nokļūst kambarī, kuram ir biežākas un spēcīgākas sienas. No kambara asinis nonāk žaunās, kur tās piesātinās ar skābekli. Pēc tam arteriālās

asinis plūst pa visu ķermeni, pārvēršas venozajās un pa vēnām atgriežas atpakaļ priekškambarī.

Abiniekiem ir trīskameru sirds; tā sastāv no diviem priekškambariem un viena kambara. Venozās asinis no ķermeņa pa vēnām nonāk labajā priekškambarī, bet arteriālās asinis no plaušām — kreisajā sirds priekškambarī. Tā kā kambaris nav pilnīgi sadalīts, venozās un arteriālās asinis te daļēji sajaucas.

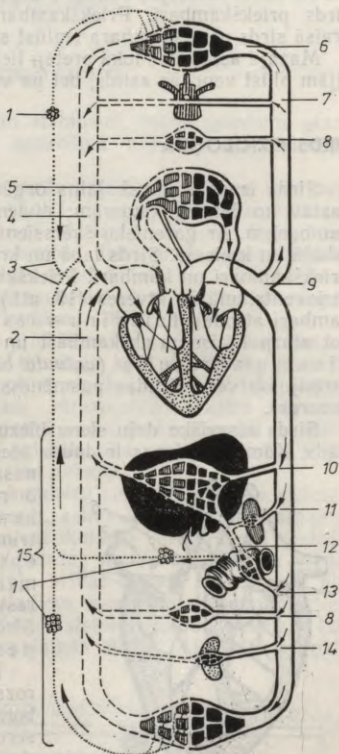
Dažiem rāpuļiem (krokodiliem), kā arī putniem un zīdītājiem ir četrkameru sirds. Tā sastāv no diviem priekškambariem un diviem kambariem.

LIELAIS UN MAZAIS ASINSRITES LOKS

Augstāk attīstītiem dzīvniekiem asinis plūst pa noslēgtu asinsvadu sistēmu, veidojot lielo un mazo asinsrites loku (18. att.).

Lielais asinsrites loks sākas no sirds kreisā kambara un beidzas labajā priekškambarī. Sirdij saraujoties (kontrahējoties), ar skābekli bagātās arteriālās asinis no kreisā kambara ieplūst aortā. No tās asinis pāriet artērijās, tad arteriolās un kapilāros. Caur kapilāru sienām asinis audu šūnām atdod skābekli un barības vielas, bet uzņem ogļskābo gāzi un dažādus vielu maiņas produktus. Kapilāros arteriālās asinis pārvēršas venozajās asinīs.

Venozās asinis no kapilāriem nonāk venulās, tad sīkajās vēnās, pēc tam lielākajās vēnās un beigās pāriet kraniālajā un kaudālajā dobajā vēnā. No abām dobajām



18. att. Zīdītāju dzīvnieku asinsrites shēma: 1 — limfmegzli, 2 — kaudālā dobā vēna, 3 — limfvadi, 4 — kraniālā dobā vēna, 5 — plaušu asinsrites loks, 6 — galva, kakls, priekšējās ekstremitātes, 7 — kaulu smadzenes, 8 — iekšējās sekrēcijas dziedzeri, 9 — aorta, 10 — aknu artērija, 11 — liesas artērija, 12 — vārta vēna, 13 — kunga un zarnu artērijas, 14 — nieru artērija, 15 — vēders, bļodas dobums un pakeļējās ekstremitātes.

vēnām asinis ieplūst labajā sirds priekšskambarī, no tā — labajā kambarī.

Mazais asinsrites loks sākas labajā sirds kambarī un beidzas kreisajā priekšskambarī. Venožās asinis no labā sirds kambara nonāk plaušu artērijā un pēc tam plaušu alveolu kapilāros. Plaušu kapilāros venozās asinis atdod ogļskābo gāzi, uzņem skābekli un pārvēršas arteriālajās asinīs. Tās pa plaušu vēnām ieplūst kreisajā sirds priekšskambarī. Priekšskambariem kontrahējoties, asinis no kreisā sirds priekšskambara ieplūst sirds kreisajā kambarī.

Mazajā asinsrites lokā pretēji lielajam asinsrites lokam pa artērijām plūst venozās asinis, bet pa vēnām — arteriālās asinis.

SIRDS FIZIOLOĢIJA

Sirds ir dobs, muskuļains orgāns, kas zīdītājiem un putniem sastāv no četrām kamerām: diviem priekšskambariem un diviem kambariem. Ar garenisku šķērssienu sirds ir sadalīta divās daļās: labajā un kreisajā. Sirds labā un kreisā puse savukārt ir sadalītas priekšskambarī un kambarī. Priekšskambarus ar kambariem savieno atrioventrikulārās atveres (19. att.). Starp labo priekšskambari un kambari atrodas trīsviru vārstulis (*valvula tricuspidalis*), bet starp kreiso priekšskambari un kambari — mitrālais jeb divviru vārstulis (*valvula bicuspidalis*). Aortas un plaušu artērijas atverē atrodas pusmēnessveida vārstuli (*valvulae semilunares*).

Sirds atsevišķo daļu sienu biezums ir dažāds, bet tilpums vienāds. Kambaru sienas ir daudz biežākas nekā priekšskambaru sienas. Kreisā kambara sienas ir 2... 3 reizes biežākas nekā labajam kambarim. Sirds siena sastāv no trim kārtām: 1) ārējās plēves — epikarda, 2) muskuļu kārtas — miokarda un 3) iekšējās (kārtas) plēves — endokarda. Sirds ir ieslēgta sirds somiņā — perikardā.

Perikarda dobumā atrodas serozs šķidrums, kas samazina berzi, sirdij darbojoties. Normāli serozā šķidrums perikardā ir daudz.

Sirds muskulis sastāv no šķērs-svitrotajām muskuļšķiedrām. Priekšskambaru muskulatūrā izšķir vīrsējo cirkulāro muskuļu slāni, kas abiem priekšskambariem ir kopīgs, un dziļo slāni, kas apņem



19. att. Sirds uzbūves shēma:

1 — labais kambaris, 2 — trīsviru vārstulis, 3 — labais priekšskambaris, 4 — aorta, 5 — plaušu artērija, 6 — aortas un plaušu artērijas pusmēnessveida vārstuli, 7 — plaušu vēnas, 8 — kreisais priekšskambaris, 9 — divviru jeb mitrālais vārstulis, 10 — kreisais kambaris.

katru priekškambari atsevišķi. Kambaru muskulatūrā izšķir piecus muskuļu slāņus, kas iet dažādos virzienos un sirds galotnē veido sirds galotnes virpuli (*vortex cordis*). Priekškambaru un kambaru muskulatūra nepāriet viena otrā, jo to atdala saistaudu starpsiena. Priekškambaru un kambaru muskulatūru saista Hisa kūlītis, kas pieder pie sirds uzbudinājuma vadītājsistēmas (*systema sinuventricularis cordis*).

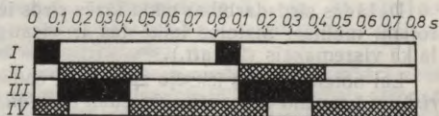
SIRSDARBĪBAS FĀZES UN SIRDS VĀRSTUĻU DARBĪBA

Sirdij ritmiski saraujoties un atslābstot, rodas spiedienu starpība asinsvadu sistēmā, kas nodrošina nepārtrauktu asinsriti asinsvados.

Sirdsdarbībā izšķir 3 fāzes: sirds priekškambaru un kambaru saraušanos (kontrakciju) — sistoli (1. fāze), priekškambaru un kambaru atslābšanu — diastoli (2. fāze) un sirds kopējo atpūtu — paūzi (3. fāze). Sirds sistole, diastole un pauze sastāda vienu sirdsdarbības ciklu. Ar sirdsdarbības ciklu ir jāsaprot komplicēta sirds kontrakcija un atslābums. Vispirms saraujas abi priekškambari, pēc tam abi kambari (20. att.).

Priekškambaru sistole sākas priekškambaru vēnu ietekas vietās. Vispirms savelkas gredzeniskie muskuļi, kas savelkoties noslēdz vēnu ietekas un neļauj asinim plūst atpakaļ vēnās. Priekškambariem kontrakējoties, asinis caur atrioventrikulārajām atverēm ieplūst kambaros, kas šajā momentā ir atslābušā stāvoklī — diastolē. Atrioventrikulārie vārstuļi priekškambaru sistoles laikā brīvi ieliecas kambaros un netraucē asins plūsmu.

Priekškambaru sistolei seko kambaru sistole. Kambaru sistoles sākumā spiediens kambaros pieaug, asinis cenšas ieplūst atpakaļ priekškambaros, tās aizver atrioventrikulāros vārstuļus un noslēdz atpakaļceļu. Cīpslainās stīgas (*chordae tendineae*), kas ar vienu galu ir piestiprinātas pie vārstuļu brīvās malas, bet ar otru pie kambaru sienas konusveida muskuļiem, neļauj vārstuļiem ieliekties uz priekškambaru pusi. Jau kambaru sistoles sākumā savelkas konusveida muskuļi un iestiepj cīpslainās stīgas. Aizvērtā stāvoklī



20. att. Sirdsdarbības cikla shēma:

I — priekškambari, II — atrioventrikulārie vārstuļi, III — kambari, IV — aortas un plaušu artērijas pusmēnessveida vārstuļi. Melnā krāsā apzīmēta priekškambaru un kambaru sistole, baltā — attiecīgā diastole. Ar svītrojumu apzīmēts vārstuļu aizvēršanās periods. Sirds kontrahējas 75 reizes minūtē.

atrioventrikulārie vārstuļi ir mazliet ieliekušies uz kambaru pusi un to malas cieši sakļāvušas.

Pēc atrioventrikulāro vārstuļu aizvēršanās līdz pusmēnessveida vārstuļu atvēršanai ļoti īsu brīdi (0,03...0,06 s) kambaru muskulatūra sasprindzinās, bet nesaisinās (izometriska kontrakcija). Šajā kambaru sprieguma jeb sasprindzinājuma fāzē kambaris ir noslēgts dobums. Kambaru muskuļu spriegumam pieaugot, palielinās arī spiediens kambaros. Kad tas pārsniedz spiedienu aortā un plaušu artērijā, pusmēnessveida vārstuļi atveras un sākas sistoles otrā fāze — asins izdzišanas fāze. Šajā fāzē kambaru muskulatūra kontrahējas un ar spēku izspiež asinis asinsvados. Asins izdzišanas fāze ir 4 reizes garāka par sprieguma fāzi.

Kambaru sistolei seko diastole. Sākumā, kad spiediens kambaros samazinās, asinsvados izspiestās asinis plūst atpakaļ sirds virzienā un aizver pusmēnessveida vārstuļus.

Kambaru sistoles laikā priekškambari ir diastoles stāvoklī un tajos no vēnām brīvi ieplūst asinis.

Kambari sistolē pilda divējādas funkcijas: 1) izspiež asinis asinsvados un 2) sekmē venozās asins ieplūšanu priekškambaros.

Kambaru sistoles laikā starpsienas starp priekškambariem un kambariem, ieliecoties uz kambaru pusi, sekmē priekškambaru pildīšanos ar asinīm.

Ja sirds kontrahējas 75 reizes vienā minūtē, tad viens sirds darbības cikls ilgst 0,8 s (60:75). Šajā gadījumā priekškambaru sistole ilgst 0,1 s un diastole 0,7 s, bet kambaru sistole ilgst 0,3 s un diastole 0,5 s. Kopējā pauze ilgst 0,4 s. Kambaru sistoles laikā (0,3") priekškambari ir jau diastolē, bet priekškambaru sistoles laikā (0,1") kambari ir vēl diastolē.

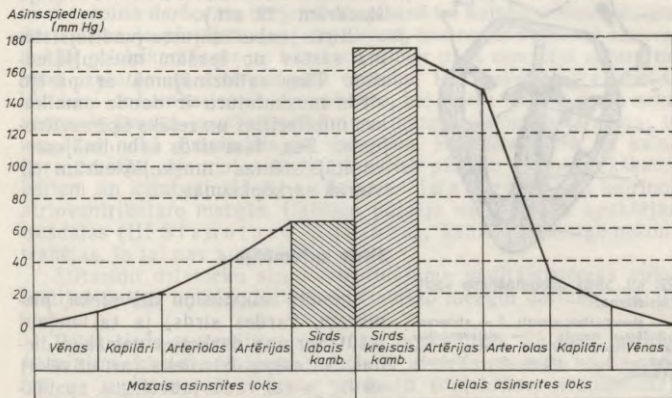
Izmaiņoties sirds darbības frekvencei, mainās arī sirds darbības cikla fāžu ilgums, pie tam visvairāk mainās diastoles garums. Sirds darbības frekvence pieaug galvenokārt uz pauzes saīsināšanās rēķina.

SIRDS IEKŠĒJAIS SPIEDIENS

Dažādās sirds darbības cikla fāzēs sirds iekšējais spiediens ievērojami mainās. Sistoles laikā tas ir visaugstākais, bet diastoles laikā viszemākais (21. att.).

Lai noteiktu sirds iekšējo spiedienu, caur jūga vēnu (*v. jugularis*) un kraniālo dobo vēnu (*v. cava cranialis*) ievada zondi labajā priekškambarī un labajā kambarī, bet caur miega artēriju (*a. carotis*) un aortu — kreisajā kambarī. Zondes galā, kuru ievada sirdī, ir gumijas baloniņš, kas pildīts ar gaisu un savienots ar Mareja kapsulu. Kapsula savienota ar sviru, kas pieraksta spiediena svārstības uz kimogrāfa lentes.

21. att. Asinsspiediena lieluma shēma zirgam lielajā un mazajā asinsrites lokā.



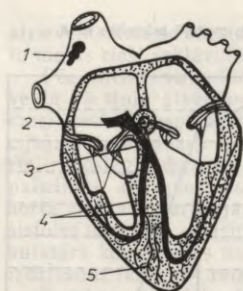
Kreisajā kambarī sistoles laikā spiediens sasniedz 180... 200 mm Hg, labajā kambarī — 70 mm Hg, bet priekškambaros — 10...30 mm Hg. Diastolē spiediens sirdī samazinās un ir pat negatīvs. Tas veicina venozo asiņu pieplūšanu sirdij.

SIRDS MUSKUĻU FUNKCIONĀLĀS ĪPATNĪBAS

Sirds uzbudinājuma vadītājsistēma

Sirds uzbudinājuma vadītājsistēma (*systema sinuventricularis cordis*) sastāv no 1) sinuatriālā jeb sinusa—priekškambara (Keit-Fleka) mezgla (*nodus sinuatrialis*), 2) atrioventrikulārā jeb priekškambara—kambara (Ašofa-Tavara) mezgla (*nodus atrioventricularis*) un 3) atrioventrikulārā jeb priekškambara—kambara (Hisa) kūlīša (*fasciculus atrioventricularis*).

Sinuatriālais mezgls atrodas labajā sirds priekškambarī zem epikarda dobo vēnu ieejas vietā. Atrioventrikulārais mezgls atrodas priekškambaru starpsienas lejas daļā tuvu pie atrioventrikulārās starpsienas. Hisa kūlītis ir atrioventrikulārā mezgla turpinājums. Tas no sirds priekškambaru starpsienas lejas daļas tuvu pie atrioventrikulārās starpsienas dodas uz kambaru muskulatūru, kur sadalās labajā un kreisajā kājiņā. Abas Hisa kūlīša kājiņas beidzas



22. att. Sirds uzbudinājuma vadītājsistēma:

1 — sinuatriālais mezgls, 2 — atrioventrikulārais mezgls, 3 — atrioventrikulārais (Hisa) kūlītis, 4 — Hise kūlīša labā un kreisā kājiņa, 5 — Purkinje šķiedras.

kambaru muskulatūrā ar Purkinjē šķiedrām (22. att.).

Sirds uzbudinājuma vadītājsistēma sastāv no īpašām muskuļšķiedrām. Tām salīdzinājumā ar pārējo sirds muskulatūru ir daudz smalkākas miofibrillas un retāks šķērsvītrojums. Bez tam sirds uzbudinājuma vadītājsistēmas muskuļšķiedrām ir vairāk sarkoplazmas.

Sirds automātijā

Izolēta aukstasiņu dzīvnieka, piemēram, vārdes sirds, ja tai neļauj izžūt, turpina darboties vairākas dienas. Siltasiņu dzīvnieka (arī cilvēka) sirds, ja tai rada labvēlīgus apstākļus (optimālu temperatūru, spiedienu,

nepieciešamo barības vielu un skābekļa piegādi), pēc izņemšanas no organisma vēl turpina darboties vairākas stundas, pat dienas. Izolētās sirds spēju ritmiski kontrahēties neatkarīgi no ārējiem apstākļiem sauc par sirds automātiju.

Uzskata, ka sirds automātiju nosaka sirds nervu un muskuļu elementi, kas sakopoti sirds uzbudinājuma vadītājsistēmas mezglos. Automātijas spējas vislabāk izteiktas ir sinuatriālajam mezglam. Tās samazinās virzienā uz sirds galotni.

Uzbudinājuma rašanās un vadīšana sirdī

Parasti uzbudinājums, kas rodas sinuatriālajā mezglā, izplatās pa priekškambaru nervu un muskuļu elementiem un ierosina priekškambaru kontrakciju. Tad uzbudinājums nonāk atrioventrikulārajā mezglā — t. s. sekundārā automātisma centrā un no tā pa Hise kūlīti nonāk kambaru muskulatūrā un izraisa kambaru kontrakciju. Atrioventrikulārajā mezglā uzbudinājums tiek aizkavēts tik ilgi, kamēr beidzas priekškambaru kontrakcija. Tas nodrošina secīgu priekškambaru un kambaru saraušanos.

Atsevišķo sirds daļu muskulatūra kontrahējas vienlaicīgi. Tas notiek tāpēc, ka sirds muskulatūras šķiedras ir savienotas savā starpā un veido sincītiju — simplostu. Sakarā ar to uzbudinājums, kas rodas vienā šķiedrā, izplatās arī uz pārējām un aptver visu sirds nodalījumu uzreiz.

Atsevišķo sirds uzbudinājuma vadītājsistēmas daļu nozīmi var noskaidrot eksperimentāli ar Stanniusa pārsējiem jeb ligatūrām. Ja vārdes sirdij uzliek stingru diega pārsēju starp venozo sinusu

un priekškambari (I Stanniusa ligatūra), tad venozais sinuss turpina darboties, bet priekškambaru un kambaru kontrakcijas pārtraucas, jo pārsējs neļauj impulsiem, kas rodas venozajā sinusā, nokļūt priekškambaros un kambarī, kamēr pašā venozajā sinusā tie brīvi izplatās un nodrošina tā darbību. Pēc neilga laika priekškambari un kambaris sāk kontrahēties, bet daudz lēnākā ritmā nekā venozais sinuss, jo atrioventrikulārā mezgla automātijas spējas ir mazākas nekā sinuatriālajam mezglam. Priekškambaru un kambara darbība atjaunojas ātrāk, ja uzliek pārsēju starp priekškambariem un kambari (II Stanniusa ligatūra), ar to kairinot atrioventrikulāro mezglu. Uzliekot pārsēju uz kambara apakšējās trešdaļas (III Stanniusa ligatūra), kambara galotne nekontrahējas, jo tai nav automātijas spēju.

Siltasiņu dzīvnieku sirds uzbudinājuma vadītājsistēmas automātijas spējas nosaka, izslēdzot atsevišķo mezglu darbību, tos atvēsinot.

Pētot sirds automātijas raksturu, noskaidrots, ka liela nozīme sirds ritmiskā uzbudinājuma radīšanā ir sirds muskuļa vielmaiņai un vielu maiņā radušos produktu (ogļskābes, acetilholīna) ietekmei.

Sirds uzbudināmība

Kairinot skeleta muskuli, tā kontrakciju spēks atbilst kairinātāja stiprumam, t. i., uz spēcīgāku kairinājumu atbild ar spēcīgāku kontrakciju. Turpretī sirds uz katru sliekšņa vai virssliekšņa kairinājumu vienmēr atbild ar maksimālu kontrakciju.

Mainot kairinātāja stiprumu, sirds muskuļa kontrakciju stiprums neizmainās. Šo sirds muskuļu īpašību sauc par «visu vai neko» likumu.

Sirds refraktaritāte

Ja sirds muskuli sistoles laikā kairina, piemēram, ar elektrisko strāvu, tad tas uz šo kairinājumu nereaģē. Šo sirds neuzbudināmības periodu sauc par refraktāro periodu. Refraktārais periods ir arī skeleta muskuļiem, bet tiem tas ir ļoti īss un nepārsniedz sekundes tūkstošdaļas, turpretī sirds muskulim tas ilgst sekundes desmitdaļas. Izšķir absolūto un relatīvo refraktāro periodu. Absolūtajā refraktārajā periodā, kad sirds ir sistolē, tā nereaģē uz kairinājumiem. Šajā periodā, kad sirds muskulis ir diastolē, tas atbild tikai uz stipriem kairinājumiem. Sirds jutīgums kļūst lielāks relatīvā refraktārā perioda beigās. Šim periodam izbeidzoties, sirds jutīgums pilnīgi atjaunojas. Beigās tas īslaicīgi ir pat paaugstināts, un to apzīmē par eksaltācijas fāzi.

Sakarā ar sirds muskuļa garo refraktāro periodu ilgstošs kairinājums nerada sirds muskuļu ilgstošu tetānisku kontrakciju, kā tas ir skeleta muskuļiem. Pēc katras sirds muskuļa kontrakcijas tūlīt seko atslābums.

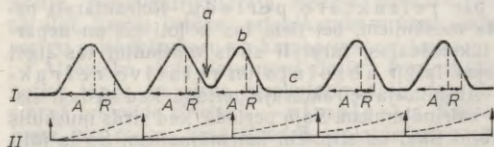
Ekstrasistole un kompensatoriskā pauze

Kairinot sinuatriālo mezglu vai pašu sirds muskuli relatīvajā refraktārajā periodā, sirds kontrakcija iestājas ātrāk un rodas ekstrasistole. Ja kairina tieši kambara muskulatūru, tad ekstrasistolei seko pagarināta kompensatoriskā pauze. Pagarinātā pauze rodas tāpēc, ka kārtējais sinuatriālā mezgla impulss kambara muskulatūru sasniedz ekstrasistoles laikā, t. i., absolūtajā refraktārajā periodā. Sajā laikā refraktārais periods ir izbeidzies, bet no sinuatriālā mezgla nav vēl pienācis kārtējais impulss. Sistole notiek tikai pēc kārtējā impulsa pienākšanas no šī mezgla. Tāpēc arī pēc ekstrasistoles diastole pagarinās par vienu iztrūkstošo sirdsdarbības ciklu (23. att.).

Uzbudinājuma vadīšanas ātrums sirdī

Uzbudinājumu vada visas sirds daļas, tikai to vadīšanas ātrums ir dažāds. Uzbudinājums, kas rodas sinuatriālajā mezglā, radiāli izplatās pa visu priekškambaru muskulatūru ar ātrumu 1 m/s, bet atrioventrikulārajā mezglā — tikai 0,2 m/s. Tā kā atrioventrikulārajā mezglā uzbudinājums tiek mazliet aizkavēts, tad kambaros tas nonāk tikai tad, kad priekškambari ir beiguši kontrahēties. Tas nodrošina secīgu priekškambaru un kambaru savilkšanos. Kambaru muskulatūrā uzbudinājums izplatās ar ātrumu 0,3—0,5 m/s, bet Hisa kūlītī — 1,5—5 m/s. (Skeleta muskulatūrā uzbudinājums izplatās 12—13 m/s.)

Uzbudinājuma vadīšanas ātrumu sirdī ietekmē temperatūra. Temperatūrai paaugstinoties, uzbudinājuma vadīšana paātrinās,



23. att. Ekstrasistole un kompensatoriskā pauze:

I — sirds kontrakcijas, II — dabiskais kairinājums, a — mākslīgais kairinājums, b — ekstrasistole, c — kompensatoriskā pauze, A — absolūtais refraktārais periods, R — relatīvais refraktārais periods.

bet, temperatūrai pazeminoties, — palēninās. Ietekmes, kas maina sirds uzbudinājuma vadīšanas ātrumu, sauc par dromotropiskām (grieķiski *dromos* — skrējieni, *tropos* — virziens).

SIRDSDARBĪBAS ĀRĒJAS IZPAUSMES

Sirds kontrakciju spēks

Lai gan sirds kontrakciju spēks nepieaug, palielinot mākslīgā kairinātāja stiprumu, tomēr sirds kontrakcija nav vienmēr pastāvīgs lielums. Tā mainās atkarībā no sirds muskuļa barošanās, vielu maiņas intensitātes, noguruma pakāpes, vides reakcijas un temperatūras.

Sirds muskuļa kontrakciju spēks ir atkarīgs arī no muskuļšķiedru iestiepšanās pakāpes pirms kontrakcijas, t. i., jo vairāk diastolē pieplūst asins pa vēnām, jo spēcīgāka ir sistole un vairāk asins tiek izsviests asinsvados. Šo sirds muskuļu īpašību sauc par «sirds likumu».

Ietekmes, kas izmaina sirds kontrakciju spēku, apzīmē par inotropiskām.

Sirds grūdiens

Sirds sistoles un diastoles laikā mainās sirds forma, apjoms, konsistence un stāvoklis krūškurvī. Šo pārmaiņu dēļ katrā sistolē sirds ātri un diezgan stipri piesitas krūškurvja sienai. Šo sitienu apzīmē par sirds grūdienu (*ictus cordis*).

Sirds grūdienu var labi iztaustīt cilvēkam krūškurvja kreisajā pusē piektajā ribstarpā. Ja zemādas tauku kārtā ir plāna, sirds grūdienu cilvēkam un sunim var arī redzēt. Sataustīt sirds grūdienu var visiem mājdzīvniekiem.

Izšķir 1) sirds galotnes un 2) sirds sānu grūdienu. Galotnes grūdienā sirds pieskaras krūškurvja sienai ar kreisā kambara galotni. Galotnes grūdiens ir labi izteikts cilvēkam un sunim. Sānu grūdienā sirds pieskaras krūškurvim ar kreisā kambara sānu sienu. Tas ir labi izteikts zirgam.

Sirds grūdienu reģistrē ar speciālu aparātu — kardiogrāfu. Kardiogrāfs sastāv no metāla kapsulas, kas pārvilkta ar plānu gumijas membrānu. Membrāna ir savienota ar Mareja kapsulu. Kapsulas sviras gals raksta sirds grūdienu likni, ko sauc par kardiogrammu.

Sirds toni

Ja caur krūškurvi ar stetoskopu vai fonendoskopu izklausa (auskultē) sirdi, tad skaidri var dzirdēt divus sirds tonus. Izšķir pirmo jeb sistolisko sirds toni un otro jeb diastolisko sirds toni.

Sistoliskais sirds tonis ir stiepts, dobjš un zems. Diastoliskais sirds tonis salīdzinājumā ar sistolisko ir īss, augsts un skanīgs. Pauze starp pirmo un otro toni ir īsāka nekā starp otro un nākamo pirmo toni.

Pirmais sirds tonis rodas kambaru sistoles sākumā, un to rada kambaru muskulatūras kontrakcija, atrioventrikulāro vārstuļu aizvēršanās un to cīpslaino stīgu (*chordae tendineae*) trīcēšana. Pirmais sirds tonis ilgst apmēram 0,12 s, t. i., aizņem visu sirds sprieguma fāzi un asins izdzišanas fāzes sākuma daļu. Otrais sirds tonis rodas kambaru diastoles sākumā, un to rada aortas un plaušu artērijas pūsmēnessveida vārstuļu aizvēršanās un trīcēšana. Otrais sirds tonis ilgst apmēram 0,08 s.

Sirds kaites rada bojāti vārstuļi, kas pilnīgi nenoslēdzas (vārstuļu insuficience), vai arī sašaurinātas vārstuļu atveres un citas patoloģiskas pārmaiņas. Šādā gadījumā normāla asins plūsma caur sirdi ir traucēta. Reizē ar to mainās sirds toņi un rodas arī dažādi blakustrokšņi, tāpēc sirds auskultācijai ir svarīga nozīme klīniskajā diagnostikā.

Sirds toņus var pārvērst elektriskās strāvas svārstībās, kuras var reģistrēt grafiski (fonokardiogrāfija). Šādu sirds toņu grafisku attēlu sauc par fonokardiogrammu.

Sirdsdarbības frekvence

Sirdsdarbības frekvence dažādu sugu dzīvniekiem ir atšķirīga.

Sirds kontrakciju skaits (1 minūtē) dažādu sugu dzīvniekiem

Govij	50—80	Sunim	60—80
Zirgam	30—45	Kaķim	110—130
Aitai, kazai	70—80	Trusim	120—140
Cūkai	60—80	Vistai	300—400

Sirdsdarbības frekvences lielums ir pretēji proporcionāls dzīvnieka ķermeņa masai. Mazākiem dzīvniekiem ir intensīvāka vielu maiņa, tāpēc nepieciešama straujāka asinsrite, ko nosaka ātrāka sirdsdarbība. Sirdsdarbības frekvence ir atkarīga arī no dzīvnieka organisma fizioloģiskā stāvokļa, dzimuma, vecuma, apkārtējās vides temperatūras, diennakts laika un citiem faktoriem. Vīrišķiem dzīvniekiem sirdsdarbības frekvence ir augstāka nekā sievišķiem dzīvniekiem. Jaunākiem dzīvniekiem sirdsdarbība ir ātrāka, jo tiem ir straujāka vielu maiņa un mazāk izteikta klejotājnerva kavējošā ietekme uz sirdsdarbību. Naktī sirdsdarbība ir lēnāka nekā dienā. Sirdsdarbības frekvence stipri palielinās muskuļu darba laikā (it sevišķi netrenētai sirdij), pēc barības uzņemšanas, emocionālos uzbudinājumos un tad, ja paaugstinās temperatūra. Ķermeņa temperatūrai paaugstinoties par 1°C, sirdsdarbības frekvence pieaug par 8—10 pukstiem minūtē.

Paātrinātu sirdsdarbību sauc par tahikardiju, bet palēninātu — par bradikardiju. Ietekmes, kas pārmaina sirdsdarbības ritmu, sauc par hronotropiskām.

Sirds sistoles un minūtes tilpums

Katrā sistolē kreisais un labais kambaris izspiež vienādu asins daudzumu. Asins daudzumu, ko izspiež katrs kambaris sistolē, sauc par sirds sistoles tilpumu. Pareizinot sirds sistoles tilpumu ar sirds kontrakciju skaitu vienā minūtē, dabū sirds minūtes tilpumu.

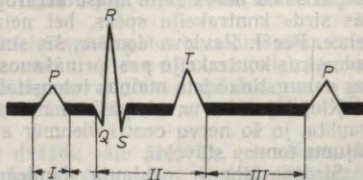
Cilvēkam sistoles tilpums miera stāvoklī ir 60—70 ml, bullim — 800—1000 ml, zirgam — 500—600 ml. Minūtes tilpums organisma miera stāvoklī cilvēkam ir 3,5—5,0 l, bullim — 40—50 l, zirgam — 20—30 l.

Darba laikā sirds minūtes tilpums stipri palielinās. Sevišķi stipri tas pieaug trenētai sirdij. Sirds minūtes tilpuma lielums ir ļoti svarīgs sirds funkcionālā stāvokļa rādītājs. Trenētai sirdij darbā minūtes tilpums pieaug galvenokārt uz sistoles tilpuma palielināšanās rēķina, bet sirdsdarbības frekvence pieaug tikai nedaudz. Netrenētai sirdij minūtes tilpums palielinās galvenokārt uz sirds kontrakciju frekvences pieauguma rēķina, bet sirds sistoles tilpums palielinās nedaudz. Sirds minūtes tilpuma pieaugums darbā uz sirds sistoles tilpuma palielināšanās rēķina ir ļoti svarīga sirds funkcionālā īpašība, kuru tā iegūst treniņā.

Sirds biostrāvas un to registrācija

Kā visiem dzīvniekiem, tā arī sirdij uzbudinājums ir saistīts ar biostrāvu veidošanos. Sirds biostrāvas novērojamas katrā sirds kontrakcijā. Sirds biostrāvas ir ļoti vājas (simtdaļas un tūkstošdaļas volta), tāpēc tās var noteikt tikai ar īpašu, ļoti jutīgu aparātu — elektrokardiogrāfu. Sirds biostrāvu registrāciju sauc par elektrokardiogrāfiju, bet grafiski pierakstītas sirds biostrāvas — par elektrokardiogrammu (24. att.).

Sirds biostrāvas izplatās pa visu ķermeni, tāpēc to registrēšanai elektrodi nav jāpievieno tieši sirdij, bet tos var pievienot arī atsevišķām ķermeņa daļām, kas ir nesimetriskas attiecībā pret sirdi.



24. att. Elektrokardiogramma:

I — priekškambaru kontrakcija, II — kambaru kontrakcija, III — pauze, P, Q, R, S, T — zobi.

Dzīvniekiem elektrokardiogrammas parasti iegūst no 3 novadījumiem: I novadījums no labās un kreisās priekškājas; II novadījums no labās priekškājas un kreisās pakajkājas; III novadījums no kreisās priekškājas un kreisās pakajkājas. Otrā novadījuma elektrokardiogramma ir vislabāk izteikta, tāpēc analīzei parasti ņem šo elektrokardiogrammu.

Normālam sirdsdarbības ciklam uz elektrokardiogrammas atbilst pieci zobi (sk. 24. att.). Uz augšu vērstie zobi norāda, ka sirds pamats ir elektronegatīvs attiecībā pret galotni, bet uz leju vērstie zobi norāda uz sirds galotnes elektronegativitāti.

Elektrokardiogramma sadalās atbilstoši sirdsdarbības cikla fāzēm: 1) sistole — no P zoba sākuma līdz T zoba beigām un 2) diastole — no T zoba beigām līdz P zoba sākumam. Sistolē izšķir a) priekškambaru sistoli — P zobs (no sākuma līdz beigām) un b) kambaru sistoli — no Q zoba sākuma līdz T zoba beigām. Intervāls no P zoba beigām līdz Q zoba sākumam atbilst laikam, kamēr uzbudinājums pa Hisa kūlīti no priekškambariem pāriet uz kambariem.

Elektrokardiogramma ir precīza un objektīva sirds funkcionāla stāvokļa izmeklēšanas metode.

SIRSDARBĪBAS REGULĀCIJA

Sirdsdarbības neirālā regulācija

Sirdi inervē klejotājnervs (*n. vagus*) un simpātiskie nervi. Klejotājnerva kairinājuma ietekmē samazinās sirds kontrakciju spēks, samazinās sirds muskuļa uzbudināmība un uzbudinājuma vadāmība. Spēcīgs klejotājnerva kairinājums var izraisīt pilnīgu sirdsdarbības apstāšanos. Simpātisko nervu ietekme uz sirdi ir pretēja klejotājnerva ietekmei. Kairinot ar elektrisko strāvu simpātisko nervu šķiedras, kas iet uz sirdi, pieaug sirds kontrakciju frekvence, palielinās sirds muskuļa kontrakciju spēks, paaugstinās uzbudināmība un uzbudinājuma vadāmība.

Kairinot atsevišķas sirds nervu šķiedras, I. Pavlovs izpētījis, ka simpātiskais nervs satur īpašu atzarojumu, kuru kairinot pastiprinās sirds kontrakciju spēks, bet neizmainās sirdsdarbības frekvence. Pēc I. Pavlova domām, šis simpātiskā nerva šķiedras, kas rada sirds kontrakciju pastiprināšanos, ir trofiskās nervu šķiedras, kas paaugstina vielu maiņas intensitāti sirds muskulī.

Klejotājnerva un simpātiskā nerva ietekme uz sirdi ir nepārtraukta, jo šo nervu centri vienmēr atrodas nepārtrauktā uzbudinājuma tonusa stāvoklī.

Sirdsdarbība ir pakļauta daudzām reflektoriskām ietekmēm. Labajā sirds priekškambarī, dobo vēnu ieplūšanas vietā zem endotēlija atrodas nervu galu receptori, kurus kairinot pastiprinās sirdsdarbība. Šos nervu galus kairina paaugstināts asinsspiediens, kas

rodas lielajās vēnās, tām stipri piepildoties ar asinīm. Uzbudinājuma impulsu ietekmē, kas nāk no dobajām vēnām, paaugstinās simpātisko nervu centra tonuss. Tādēļ pastiprinās sirdsdarbība, sirds straujāk pārsūknē asinis artērijās un spiediens dobajās vēnās samazinās līdz normai. Bez tam sirdsdarbību regulē arī refleksi, kas nāk no aortas un karotīdes sinusa, kā arī no citām ķermeņa refleksogēnajām zonām. Ja uzbudinājuma pārraidē uz sirdi piedalās klejotājnervs, tad sirdsdarbība tiek kavēta (vagālie refleksi), bet, ja simpātiskie nervi, tad sirdsdarbība pastiprinās. Tā, piemēram, vagālie refleksi ir sirdsdarbības palēnināšanās vēdera dobuma orgānu kairinājuma ietekmē (Golca reflekss), sirds respiratoriskā aritmija (sirdsdarbības palēnināšanās ātrā izelpā, kas seko dziļai ieelpai) un Ašnera sirds—acu reflekss (sirdsdarbības palēnināšanās, kas iestājas, spiežot uz acsāboliem). Šos refleksus izraisa, nosakot klejotājnervu centra reflektoriskās uzbudināmības pakāpi.

Uzbudinājums, kas rodas sāpju, dusmu un citu emociju gadījumā, tiek pārvadīts uz simpātisko nervu centriem un rada sirdsdarbības paātrināšanos. Starp sirds klejotājnerva un simpātiskā nerva centriem ir dinamiskas attiecības, t. i., ja vienā no šiem centriem uzbudinājums pastiprinās, tad otrā tas pavājinās. Tā, piemēram, muskuļu darbā klejotājnerva tonuss samazinās, bet simpātiskā nerva tonuss pieaug.

Sirdsdarbību regulē arī nosacījuma refleksi. Tas nozīmē, ka sirdsdarbības regulācijā piedalās arī galvas smadzeņu garoza. Galvas smadzeņu lielo puslōžu garozā atrodas sirdsdarbības regulācijas centrs, ko pirmo reizi pierādīja Daņiļevskis 1875. gadā.

Sirdsdarbības humorālā regulācija

No sirdsdarbību ietekmējošiem humorālajiem faktoriem vislielākā nozīme ir *adrenālīnam*, ko izdala virsnieru serdes slānis, un *tiroksīnam*, ko producē vairogdziedzeris. Adrenālīns, līdzīgi simpātiskajam nervam, paātrina un pastiprina sirdsdarbību, bet tiroksīns palielina sirds jutīgumu pret simpātisko nervu impulsiem.

Parasimpātisko un simpātisko nervu galos uzbudinājuma laikā izdalās specifiskas ķīmiskas vielas — *mediatori*, kuri sirdsdarbību ietekmē tāpat kā attiecīgi nervi. Parasimpātisko nervu galos rodas *acetilholīns*, bet simpātisko nervu galos — *simpatīns* (noradrenālīns).

Sirdsdarbību ietekmē arī dažādu sāļu joni. Tā, piemēram, paaugstinoties kalcija jonu koncentrācijai asinīs, sirdsdarbība paātrinās un pastiprinās, bet palielinātā koncentrācijā kālija joni sirdsdarbību kavē. Humorālas ietekmes uz sirdsdarbību ir cieši saistītas ar neitrālajām ietekmēm.

ASINS KUSTĪBA ASINSVADOS

Asins kustību asinsvados uztur spiedienu starpība starp lielā un mazā asinsrites loka sākuma un beigu daļām. Šo spiedienu starpību rada sirdsdarbība. Spiediena lielākā daļa tiek patērēta asins ārējās berzes (asins daļiņu berze gar asinsvadu sienām) un iekšējās berzes (savstarpējo asiņu daļiņu berze) pārvarēšanai.

Lai gan sirds asinis izspiež grūdienveidīgi, tomēr artēriju sienu elastības dēļ asinsvados tās plūst nepārtrauktā straumē. Asinis, kas sistoles laikā tiek izspiestas aortā un artērijās, izstiepj asinsvadu sienas. Diastolē sakarā ar artēriju elastību tās cenšas ieņemt iepriekšējo stāvokli, spiež uz asinīm un dzen tās uz priekšu, nodrošinot nepārtrauktu asins tecēšanu.

ASINSSPIEDIENS

Asinsspiediena augstumu galvenokārt nosaka tā enerģija, kuru sirds piešķir asinīm, izspiežot tās aortā, un asinsvadu pretestība, kas jāpārvar, asinīm aizplūstot no aortas. Asinsspiediens dažādos asinsvados ir ļoti nevienāds un mainīgs. Tas ir atkarīgs no sirds darbības fāzes, asins daudzuma un asinsvadu rakstura. Sistoles laikā, kad asinis tiek iespiestas aortā, asinsspiediens ir visaugstākais, tāpēc to sauc par maksimālo jeb sistolisko asinsspiedienu. Diastoles laikā spiediens strauji krītas un kļūst vismazākais, tāpēc to sauc par minimālo jeb diastolisko asinsspiedienu. Starpību starp maksimālo un minimālo spiedienu sauc par asinsspiediena amplitūdu jeb pulsa spiedienu.

Asinsspiedienu artērijās var noteikt divējādi, asinsvadu savienojot 1) tieši ar dzīvsudraba jeb atsperes manometru (asiņainā metode) vai 2) netieši ar sfigmomanometru (bezasiņainā metode).

Asinsspiedienu kapilāros nosaka pēc spiediena lieluma, kāds jālieto, lai pārtrauktu tajos asins tecēšanu.

Vēnās asinsspiedienu nosaka, savienojot lielās vēnas ar manometru. Kapilāros spiediens ir tik mazs, ka ar dzīvsudraba manometru to nevar noteikt.

Aortā sistoliskais asinsspiediens sasniedz 150 līdz 180 mm Hg. Artērijām sazarojoties un attālinoties no sirds, asinsspiediens tajās pakāpeniski krītas. Vidēja lieluma artērijās asinsspiediens ir 100...120 mm Hg, kapilāros — 15...25 mm Hg un mazajās vēnās (*v. facialis*, *v. femoralis*) — 5...6 mm Hg. Lielajās, piemēram, dobajās vēnās asinsspiediens ir vienāds ar atmosfēras spiedienu, bet ieelpas laikā pat zemāks par atmosfēras spiedienu (-3...-5 mm Hg). Plaušu artērijās asinsspiediens ir 60 mm Hg.

Kapilāros un sīkajās vēnās asinsspiediena svārstības sirds sistoles un diastoles laikā nav vērojamas. Tuvāk sirdij esošajās liela-

Asinsspiediens dažādu sugu dzīvniekiem

Dzīvnieks	Asinsspiediens (mm Hg)		Novērots
	maksimālais	minimālais	
Govs	110—140	35—50	Astes artērijā (<i>a. caudalis</i>)
Zirgs	100—120	35—50	Astes artērijā
Aita un kaza	100—120	50—65	Ciskas artērijā (<i>a. femoralis</i>)
Suns	120—140	30—40	Ciskas artērijā

jās vēnās atkal parādās spiediena maiņa sirds sistoles un diastoles laikā.

Cilvēkam augšdelma artērijā (*a. brachialis*) sistoliskais spiediens ir 110...125 mm Hg, bet diastoliskais — 65...85 mm Hg.

Asinsspiediena līmenis normālos apstākļos ir samērā pastāvīgs, bet attiecīgos apstākļos tas var arī mainīties. Asinsspiediens paaugstinās, paātrinoties sirds darbībai, ja nesamazinās sirds sistoles tilpums. Asinsspiediens paaugstinās, palielinoties sirds sistoles tilpumam, ja nesamazinās sirds darbības frekvence. Tas parasti notiek muskuļu darbā. Asinsspiediena paaugstināšanos rada arī asinsvadu sašaurināšanās. Asinsvadiem paplašinoties, spiediens kritas. Ieelpas laikā asinsspiediens ceļas, izelpā krītas. Asinsspiediens ir arī atkarīgs no dzīvnieka sugas, kārtas, vecuma, šķirnes, produktivitātes, diennakts laika, nervu sistēmas funkcionālā stāvokļa un citiem faktoriem. Vecākiem dzīvniekiem asinsspiediens ir augstāks nekā jauniem. Naktī asinsspiediens ir zemāks nekā dienā. Augstāzīgām govīm sakarā ar intensīvāku vielu maiņu ir augstāks asinsspiediens nekā mazāzīgām govīm.

Ilgstošu un stabilu asinsspiediena paaugstināšanos sauc par hipertoniju, bet pazemināšanos — par hipotoniju.

ARTĒRIJU UN VĒNU PULSS

Artēriju sienu svārstības, ko rada asinsspiediena maiņa sirds sistoles un diastoles laikā, sauc par artēriju pulsu. Pulsa viļņa izplatīšanās ātrums nav saistīts ar asins tecēšanas ātrumu. Pulsa vilnis izplatās ar ātrumu 7—9 m/s, turpretī asins tecēšanas ātrums aortā (kur tas ir vislielākais) sasniedz tikai 0,5 m/s.

Attālinoties no sirds, pulsa vilnis pakāpeniski pavājinās. Kapilāros, mazajās un vidējās vēnās pulsa vairs nav.

Pulss atspoguļo sirds darbību un asinvadu stāvokli, tāpēc tā izmeklēšanai ir svarīga diagnostiska nozīme. Zīrgam un govij pulsu izmeklē uz ārējās žokļa artērijas (*a. maxillaris externa*), augšdelma artērijas (*a. brachialis*) un astes artērijas (*a. caudalis*), bet

aitai, kazai, sunim un kaķim pulsu izmeklē uz ciskas artērijas (*a. femoralis*). Govij un zirgam ļoti labi var iztaustīt pulsu rektāli uz vēdera aortas (*aorta abdominalis*). Cilvēkam pulsu izmeklē uz spiekkaula artērijas (*a. radialis*).

Izmeklējot pulsu, nosaka pulsa frekvenci (pulsa biežumu 1 minūtē), tā ritmu, spēcīgumu, pulsa pildījumu un artērijas sienīņu spraigumu.

Pulsu var reģistrēt arī ar speciālu ierīci — sfigmogrāfu. Ar sfigmogrāfu reģistrētu pulsa likni sauc par sfigmogrammu.

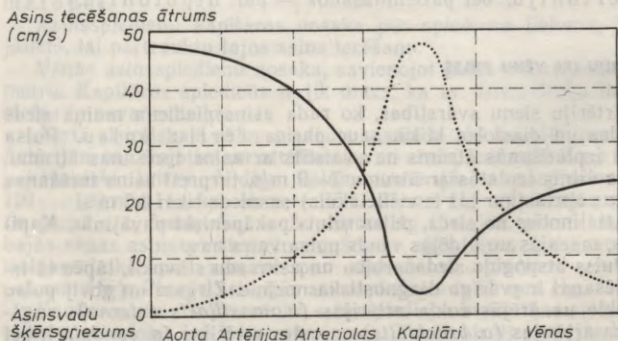
Pulsa vilnis, izplatīdamies pa artērijām, no sirds attālākajās artērijās samazinās, bet vidējās un lielajās vēnās, kas atrodas tuvāk sirdij, ir atkal novērojama pulsācija un asinsstrāves svārstības, kas atbilst sirds darbības ritmam.

Vēnu pulsa izcelšanās mehānisms ir šāds: asinis pa vēnām uz sirdi plūst nepārtraukti; priekškambaru sistoles laikā asinis sirdī nevar nokļūt, tāpēc tās uzkrājas lielajās vēnās un tur spiediens ceļas. Diastolē asinis ieplūst priekškambaros un spiediens vēnās kritas. Tas rada vēnu sienu svārstības, t. i., vēnu pulsu.

ASINS TECĒŠANAS ĀTRUMS

Izšķir asins tecēšanas tilpuma un lineāro ātrumu. Par tilpuma ātrumu apzīmē to asins daudzumu, kas izplūst caur visu asinsvadu šķērsriezumu laika vienībā. Asins tecēšanas tilpuma ātrums visos asinsvadu apvidos ir vienāds, jo asinis plūst pa noslēgtu asinsvadu sistēmu. Lineāro ātrumu nosaka ar to attālumu, kuru asins daļiņa noiet laika vienībā (sekundē). Lineārais

25. att. Asinsstrāves ātrums atkarībā no asinsvadu lūmena lieluma.



ātrums ir pretēji proporcionāls asinsvadu kopējam šķērsgriezumam. Jo lielāks ir kopējais asinsvadu šķērsgriezums, jo mazāks asins tecēšanas ātrums — un otrādi (25. att.). Vislielākais kopējais šķērsgriezums ir kapilāriem, bet vismazākais — aortai. Vēnu šķērsgriezums ir divas reizes lielāks nekā artēriju šķērsgriezums. Asinsstraumes ātrums aortā sistoles laikā ir 400...500 mm/s, artērijās — 150...200 mm/s, bet kapilāros — 0,5 mm/s. Vēnās asinsstraumes ātrums ir 75...100 mm/s.

Laiku, kas nepieciešams, lai asins daļiņa izietu caur lielo un mazo asinsrites loku, sauc par asins aprites laiku. Zīrgam asins aprites laiks ir 40 s, govij — 20...27 s, sunim — 16,7 s, kazai — 14 s, trusim — 8 s, kaķim — 7 s. Cilvēkam asins aprites laiks ir 23 sekundes.

Asins aprites laiku nosaka, ievadot vēnā kādu nekaitīgu krāsvielu vai radioaktīvos izotopus, piemēram, Na^{24} , un aprēķinot, pēc cik ilga laika tas parādās ķermeņa pretējās puses attiecīgajā vēnā.

ASINS TECĒŠANA KAPILĀROS UN VĒNĀS

Plašais kapilāru tīkls rada plašu gultni un lielu pretestību asinsstrāumei, tāpēc kapilāros stipri samazinās asinsspiediens un asins tecēšanas ātrums. Lēnā asinsrite nodrošina labāku gāzu un barības vielu maiņu starp asinīm un audiem.

Asinsrites intensitāte kapilāros stipri mainās, jo kapilāri pastāvīgi paplašinās un sašaurinās vai pat pilnīgi noslēdzas.

Nestrādājošos orgānos apmēram $\frac{4}{5}$ kapilāru ir noslēgtā stāvoklī. Tikai darbā, kad strādājošam orgānam strauji pieaug vajadzība pēc skābekļa un barības vielām, kā arī palielinās izvadāmo noārdīšanās produktu daudzums, atveras visi kapilāri. Kapilāru atvēršanas izraisa vielu maiņas produkti, piemēram, ogļskābe, histamīns, acetilholīns, adenilskābe u. c. Kapilārus sašaurina hipofīzes hormons — vazopresīns. Kapilāru sašaurināšanās vai paplašināšanās notiek, kontrahējoties vai atslābstot īpašām šūnām — Ružē šūnām jeb pericītiem kapilāru sienās. Bez ķīmiskajām vielām kapilāru lūmena maiņu regulē arī nervu sistēma.

Asinsstraumes ātrums vēnās ir mazāks nekā artērijās, jo vēnu kopējais šķērsgriezuma laukums ir 2—3 reizes lielāks nekā artēriju kopējais šķērsgriezuma laukums.

Vēnās asinis plūst zem ļoti maza spiediena, jo sirds kreisā kambara radītais spiediens ievērojami samazinās, asinīm pārvarot kapilāru pretestību. Asins plūšanu pa vēnām sekmē krūškurvja sūcēja darbība, kas sevišķi stipri izpaužas ieelpas laikā. Bez tam ieelpā diafragma slīd kaudāli (atpakaļ) un, spiežot uz vēdera dobuma orgāniem, saspiež vēnas un sekmē venozās asins tecēšanu krūšu dobuma lielajās vēnās, kur spiediens ir mazāks. Arī pati sirds sekmē venozās asins piesūkšanu, jo diastoles laikā sirdī ir

negatīvs spiediens. Venozo asinsriti sekmē arī skeleta muskulatūra. Muskuļi kontrahējoties saspiež tuvumā esošās vēnas un dzen asinis pa tām uz sirdi. Asins tecēšanu vēnās sirds virzienā nodrošina vēnu vārstuļi, kuru kabatiņas ir vērstas sirds virzienā.

ASINSRITES REGULĀCIJA

Asinsspiediena relatīva pastāvīguma saglabāšanu, kas nodrošina normālu asins piegādi organisma audiem dažādos fizioloģiskajos stāvokļos, veic sarežģīta regulācijas sistēma. Tā uztur noteiktas, dinamiski mainīgas, savstarpējas attiecības starp sirds darbu, asinsvadu lūmenu un cirkulējošās asins daudzumu. Asinsvadu lūmena maiņa tiek regulēta neirāli un humorāli.

Asinsvadu inervācija

Asinsvadus, tāpat kā sirdi, inervē divējādi nervi: asinsvadu sašaurinātāji (vazokonstriktori) un asinsvadu paplašinātāji (vazodilatatori).

Asinsvadu sašaurinātāji nervi pieder pie simpātiskās nervu sistēmas, bet asinsvadu paplašinātāji nervi — pie parasimpātiskās nervu sistēmas. Daļa asinsvadu paplašinātāju nervu šķiedru atrodas arī jauktajos un simpātiskajos nervos. Impulsi, kas pa vazomotoriskajiem nerviem tiek nosūtīti asinsvadiem, rodas iegarenajās smadzenēs novietotajā vazomotoriskajā centrā.

Vazomotoriskais centrs sastāv no asinsvadu sašaurinātājas (vazokonstriktorās) un asinsvadu paplašinātājas (vazodilatatoriskās) daļas. Vazomotoriskā centra konstriktorā daļa atrodas pastāvīga tonusa stāvoklī. Tāpēc no šī centra pa vazomotoriskajiem nerviem nepārtraukti iet impulsi uz asinsvadiem, uzturot to sienas vienmēr sasprindzinātā (tonusa) stāvoklī. Vazomotoriskais centrs savukārt atrodas galvas smadzeņu garozas ietelmē, kur atrodas augstākie asinsrites regulācijas centri.

Asinsspiediena reflektoriskā regulācija

Asinsspiediens organismā sakarā ar pašregulāciju vienmēr ir noteiktā līmenī. Asinsvadu lūmena maiņas reflektoriski izraisa kairinājumi, kas nāk no dažādām ķermeņa daļām, kā arī emocionāli uzbudinājumi, piemēram, bailes, dusmas u. c. Noteiktos asinsvadu apvidos — refleksogēnajās zonās (aortas lokā, miega artērijas sazarosšanās vietā un pie dobo vēnu ietekas sirds labajā priekškambarī) atrodas īpaši receptori, kas uztver asinsspiediena un asins ķīmiskā sastāva maiņas. Asinsvadu refleksogēno zonu kairinājumu ietekmē rodas refleksi, kas vai nu pazemina, vai paaug-

stina asinsspiedienu. Refleksus, kas izraisa asinsspiediena paaugstināšanos, sauc par presoriem refleksiem, bet refleksus, kas pazemina asinsspiedienu, — par depresoriem refleksiem.

Aortas loka sienā izbeidzas depresorais nervs (*n. depressor*), kas ierosina asinsspiediena pazemināšanos. Paaugstinātais spiediens, kas rodas aortā, rada depresorā nervu galu uzbudinājumu, kas nonāk centrālajā nervu sistēmā. Iegarenajās smadzenēs šis uzbudinājums rada sirds klejotājnervu centra tonusa palielināšanos un vazomotoriskā centra vazokonstriktorās daļas tonusa samazināšanos. Rezultātā palēninās sirdsdarbība un paplašinās asinsvadi (26. att.).

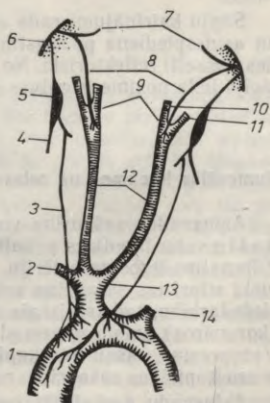
Līdzīga refleksogēnā zona kā aortā atrodas arī miega artērijas (*a. carotis communis*) sazaršanās vietā, t. i., kur miega artērija sadalās iekšējā (*a. carotis interna*) un ārējā miega artērijā (*a. carotis externa*). So vietu sauc par karotīdes sinusus. Karotīdes sinusā, tāpat kā aortā paaugstināts asinsspiediens izraisa karotīdes sinusa nerva uzbudinājumu un līdz ar to reflektorisku sirdsdarbības palēnināšanos un asinsvadu paplašināšanos. Rezultātā asinsspiediens samazinās (27. att.).

Pretrēja fizioloģiskā nozīme ir refleksogēnajai zonai, kas atrodas dobo vēnu ietekas vietā sirds labajā priekškambarī. Sirds un asinsvadu sistēmu stipri ietekmē perikarda receptoru kairinājums. Jau neliels perikarda iestiepums reflektoriski izraisa strauju sirdsdarbības palēnināšanos un asinsspiediena samazināšanos.

Bez receptoriem, kas reaģē uz asinsspiediena pārmaiņām, aortas lokā un karotīdes sinusā atrodas arī receptori, kas uztver asins ķīmiskā sastāva pārmaiņas. Pēdējie ir sevišķi jutīgi pret ūdeņraža jonu koncentrācijas pieaugumu asinīs. So receptoru kairinājums rada reflektorisku sirdsdarbības paātrināšanos un asinsvadu sašaurināšanos.

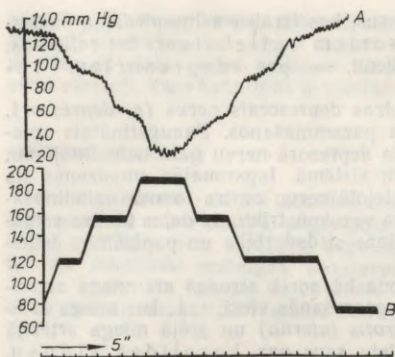
Līdzīgi receptori kā aortas lokā un karotīdes sinusā atrodas arī nieru, liesas, kaulu smadzeņu, limfmezglu un zarnu asinsvados (V. Čerņigovskis, 1951).

Vazomotoriskā centra tonusu ietekmē arī impulsi, kas nāk no ādas receptoriem. Tā, piemēram,



26. att. Aortas un karotīdes sinusa inervācijas shēma:

1 — aorta, 2 — *a. subclavia dextra*, 3 — *ramus aorticus n. vagi*, 4 — *n. vagus*, 5 — *ganglion jugulare n. vagi*, 6 — *foramen jugulare*, 7 — *n. glossopharyngeus*, 8 — *ramus caroticus*, 9 — *sinus caroticus*, 10 — *a. carotis externa*, 11 — *a. carotis interna*, 12 — *a. carotis communis*, 13 — *truncus brachiocephalicus*, 14 — *a. subclavia sinistra*.



27. att. Mākslīgi palielināta spiediena karotīdes sinusa ietekme uz asinsspiedienu: A — arteriālā asinsspiediena līkne, B — spiediena līkne karotīdes sinusā.

aukstums, kairinot ādas receptorus, reflektoriski ierosina perifēro asinsvadu sašaurināšanos, bet siltums — asinsvadu paplašināšanos.

Sāpju kairinājumi rada asinsvadu reflektorisku sašaurināšanos un asinsspiediena paaugstināšanos. Asinsvadu lūmens var mainīties nosacīti reflektoriski. No tā var secināt, ka asinsspiediena regulācijā liela nozīme ir galvas smadzeņu garozai.

Humorālās ietekmes uz asinsvadiem

Asinsvadus sašaurina virsnieru serdes daļas hormons adrenalīns un hipofīzes pakalējās daivas hormons vazopresīns. Adrenalīns ierosina artēriju, vēnu un kapilāru sašaurināšanos. Sevišķi stipri tas sašaurina arteriolas. Tā kā adrenalīns paātrina arī sirdsdarbību, tad tas izraisa asinsspiediena paaugstināšanos. Sirds (koronāros), smadzeņu un plaušu asinsvadus adrenalīns paplašina. Vazopresīns sašaurina kapilārus visos orgānos, izņemot nieres. Nieru kapilārus sašaurina renīns, kas veidojas pašās nierēs.

Asinsvadu paplašinātājas vielas ir histamīns un acetilholīns. Histamīns, kā zināms, rodas gremošanas traktā, nodarbinātos muskuļos u. c. Histamīnu ļoti ātri noārda ferments histamināze, tāpēc tas rada tikai vietējo kapilāru paplašināšanos. Acetilholīns veidojas parasimpātisko nervu galos un ierosina vietēju sīko artēriju paplašināšanos. Bez tam asinsvadu paplašināšanos izraisa skābie vielu maiņas produkti: ogļskābe, pienskābe, adenozintrifosforskābe un adenilskābe.

Koronārā asinsrite

Sirdī ar asinīm apgādā divas koronārās artērijas, kuras atiet no aortas virs pusmēnessveida vārstuļiem. Sirds vēnas (koronārās vēnas) ieplūst labajā sirds priekšskambarī.

Sirds muskulis ir ļoti labi apgādāts ar asinīm. Tajā ir divas reizes vairāk kapilāru nekā skeleta muskulatūrā. Miera stāvoklī koronārajās artērijās ieplūst 5—10% asins no sirds sistoles tilpuma. Darbā sirds muskuļa apgāde ar asinīm palielinās vairākkārt.

Sirds sistoles laikā tiek saspiesti koronārie asinsvadi, un sirds muskuļa apgāde ar asinīm līdz ar to samazinās. Savukārt diastoles laikā sirds muskuļa atslābums un augstais asinsspiediens aortā rada spēcīgu asins pieplūdumu koronārajos asinsvados.

Sirds apgāde ar asinīm tiek regulēta reflektoriski. Simpātisko nervu ietekmē koronārie asinsvadi paplašinās, bet klejotājnerva ietekmē — sašaurinās. Adrenalīns, kā jau minēts, izraisa koronāro asinsvadu paplašināšanos.

Asinsrite plaušās

Plaušas ar asinīm apgādā lielais un mazais asinsrites loks. Plaušu audu barošanai no lielā asinsrites loka pa plaušu nutritīvo (barojošo) asinsvadu (*a. bronchialis*) bronhu asinsvados ieplūst arteriālās asinis. Mazais asinsrites loks pa plaušu artēriju piegādā venozās asinis plaušu alveolu kapilāriem elpošanas gāzu maiņai.

Lielā un mazā asinsrites loka asinsvadi plaušās nav stingri izolēti. Kapilāru gultnes apvidū starp tiem ir anastomozes, pa kurām asinis plūst no bronhiālo artēriju kapilāriem plaušu artēriju kapilāros. Mazā asinsrites loka asinsvadi ir relatīvi īsāki nekā lielā loka asinsvadi. Plaušu arteriolu kopējais šķērsgriezums ir 4—5 reizes lielāks nekā lielā asinsrites loka arteriolām, tāpēc mazajā asinsrites lokā asinsstraumes pretestība ir ievērojami mazāka un asinsspiediens plaušu artērijā ir 4—5 reizes mazāks nekā aortā.

Plaušu artēriju sienas satur daudz elastīgo saistaudu šķiedru, tāpēc tās ir viegli iestiepjamās. Ieelpas laikā, kad krūšu dobumā pieaug negatīvais spiediens, plaušu asinsvadi iestiepjas un asins tecēšana pa plaušu artērijām pastiprinās. Savukārt izelpā plaušu asinsvadi saplok un asins tecēšana pa plaušu artērijām samazinās, toties pastiprinās asins aizplūšana pa plaušu vēnām.

Plaušu asinsvadu gultnes tilpums var palielināties vai pamazināties. Simpātiskā nerva vai arī adrenalīna ietekmē palielinās asins pieplūšana pa plaušu artēriju un samazinās asins atplūšana pa

plaušu vēnām. Sakarā ar to plaušās var pieplūst 10...25% no kopējā asins daudzuma. Tā plaušas bez elpošanas funkcijām izpilda arī asins depo funkcijas.

Asinsrite aknās

Venozās asinis no kuņģa, zarnām un liesas ieplūst vārtu vēnā, kura ieiet aknās. Aknās vārtu vēna no jauna sadalās venozajos kapilāros, kuri, tālāk saplūstot kopā, veido aknu vēnas. Tā gremošanas trakta orgānos asinsvadi sadalās kapilāros divas reizes. Zema asinsspiediens un lēnā asinsrite aknās nodrošina labāku barības un citu vielu pārstrādi, kuras no gremošanas orgāniem nonāk aknās. Bez tam aknas saņem arī arteriālās asinis, kas pa aknu artēriju tām pieplūst tieši no aortas un nodrošina aknu šūnu apgādi ar skābekli.

Liesas nozīme asinsritē

Visas asinis organismā parasti necirkulē. Daļa asins, it sevišķi organisma miera stāvoklī, atrodas t. s. asins depo — aknās (20%), liesā (16%) un ādā (10%).

Liesai ir vaļēja un slēgta asinsrites sistēma. Liesas slēgtajā asinsrites sistēmā, tāpat kā citos orgānos, asinis no artēriju pāriet kapilāros un pēc tam vēnās. Pa otro — nenoslēgto asinsrites ceļu asinis no kapilāriem brīvi ieplūst liesas pulpā. No liesas pulpā pa ļoti šaurām venozo sinusu spraugām asinis var nokļūt kopējās asinsstraumes venozajā sistēmā.

Liesai ir viegli iestiepama un var ietvert sevī, līdzīgi sūklim, lielu asins daudzumu. Muskuļu darbs, simpātisko nervu kairinājumi, kā arī adrenalīna izdalīšanās izraisa liesas savilkšanos un deponētās asinis izspiešanu kopējā asinsstrāvē. Savukārt aortas loka un karotīdes sinusa refleksogēno zonu kairinājums izraisa liesas paplašināšanos un deponētās asins daudzuma palielināšanos tajā.

Asinsrite smadzenēs

Normālai centrālās nervu sistēmas darbībai ir nepieciešama pastāvīga (nemainīga) asinsrite. Galvas smadzeņu anēmija jau pēc 5 s rada samaņas zudumu, bet pēc 5 minūtēm jau rodas neatgriezeniskas pārmaiņas.

Smadzenes apasiņo labās un kreisās puses iekšējā miega artērija. Apmēram 15% asins no sirds sistoles tilpuma tiek patērēts smadzeņu apasiņošanai. Starp smadzeņu artēriju un vēnām nav anastomožu. Smadzeņu asinsvadu kapilāri gandrīz vienmēr ir atvērti. Mainīgas kapilāru paplašināšanās un sašaurināšanās, kā tas ir citos orgānos, smadzenēs nav.

VI. Limfa un limfas cirkulācija

Limfa, tāpat kā asinis, ir organisma iekšējā vide. Par limfu sauc šķidrumu, kas atrodas limfvados, kā arī šķidrumu, kas piepilda starpšūnu telpas (audu šķidrums).

Tā kā asinis, kas cirkulē noslēgtā asinsvadu sistēmā, nekur nesaskaras ar ķermeņa šūnām, tad limfa izpilda starpnieka lomu starp asinīm un audu šūnu elementiem. Limfa ir ķermeņa šūnu barotāja vide un atrodas nepārtrauktā apmaiņā starp asinīm un audiem.

LIMFAS SASTĀVS

Limfa ir caurspīdīgs, viegli dzeltenīgs šķidrums, tās blīvums — 1,020...1,026. No dažādiem orgāniem atplūstošai limfai ir noteikts specifiskums, jo katra orgāna vielu maiņai ir attiecīgas īpatnības. Tā, piemēram, intensīvas tauku uzsūkšanās laikā no zarnām atplūstošā limfa (hiluss) tauku emulsijas dēļ kļūst pilnīgi balta — līdzīga pienam.

Limfas ķīmiskais sastāvs un fizikālās īpašības ir līdzīgas asins plazmas īpašībām, tikai limfa satur mazāk olbaltumvielu. Zarnu limfā ir 5...6% olbaltumvielu, bet pakalējo ekstremitāšu limfā olbaltumvielu saturs nepārsniedz 3% (asins plazma, kā zināms, satur 6...8% olbaltumvielu). Limfas olbaltumvielas ir albumīni, globulīni, fibrinogēns, protrombīns. Limfa, tāpat kā asins plazma, vienmēr satur urīnvielu (23,5 mg/100 g), aminoskābes (4,84 mg/100 g), taukus (0,1...0,3%), glikozi (60...120 mg/100 g), hlorīdus (0,6...0,7%), fosfātus un citus savienojumus, kā arī hormonus, vitamīnus, fermentus (amilāzi, lipāzi) un antivielas. Limfā vienmēr atrodas leukocīti (limfocīti, monocīti un eozinofīlie leukocīti).

Limfa, izplūstot no organisma, sarec līdzīgi asinīm.

Kopējais limfas daudzums organismā ir ievērojami lielāks nekā asins daudzums. Govs organismā ir 95...100 l limfas, bet zirga organismā — 70...80 l limfas.

LIMFAS VEIDOŠANĀS

Limfas veidošanos nosaka galvenokārt osmozes un filtrācijas procesi. Pateicoties kapilāru endotēlija caurlaidībai, caur to sienām izsūcas ūdens un tajā izšķīdušās vielas. Asins šķidrās daļas filtrāciju caur kapilāru sienām sekmē asinsspiediens, bet asins plazmas onkotiskais spiediens kavē šo filtrācijas procesu, jo asins plazmas olbaltumvielas saista ūdeni.

Asinsvadu kapilāru sākuma posmā (arteriālajā daļā) asinsspiediens pārsniedz onkotisko spiedienu, tādēļ šeit norisinās limfas veidošanās process. Kapilāru beigu posmā (venozajā daļā) asinsspiediens strauji krītas un kļūst zemāks par asins plazmas onkotisko (koloidāli osmotisko) spiedienu. Tas izraisa daļēju limfas (audu šķidrums) pārvietošanos atpakaļ asinsvadu kapilāros (kapilāru venozajā daļā). Pārējā limfas daļa no audiem attek pa limfas kapilāriem.

Kairinot kapilāru endotēliju ar dažādām ķīmiskām vielām, tika noskaidrots, ka kapilāru endoteliālajām šūnām piemīt sekretora funkcija un ka limfas veidošanās līdz ar to zināmā mērā ir sekretors process (R. Heidenhains).

Limfas veidošanās procesu pastiprina limfas dzinējas vielas. Izšķir pirmās un otrās pakāpes limfas dzinējas vielas. Pirmās pakāpes dzinējas vielas, piemēram, peptoni, olas baltuma olbaltumvielas, orgānu un audu ekstrakti, žults, histamīns, acetilholīns un citas sekmē limfas veidošanos, pastiprinot kapilāru endotēlija sekretora funkciju. Pastāv arī uzskats, ka pirmās pakāpes limfas dzinējas vielas palielina kapilāru sienu caurlaidību. Savukārt otrās pakāpes limfas dzinēju vielu, piemēram, koncentrēta nātrija hlorīda, cukura un urīnvielas šķīdumu stimulējošā ietekme uz limfas veidošanos izskaidrojama ar to, ka šīs vielas paaugstina asins osmotisko spiedienu un tādējādi izraisa ūdens pastiprinātu pārvietošanos no audiem asinīs. Rezultātā paaugstinās asinsspiediens, un asins atšķaidīšanās dēļ samazinās asins plazmas onkotiskais spiediens. Līdz ar to pastiprinās limfas veidošanās process.

Ja limfas veidošanās ir intensīvāka par tās aizplūšanu no audiem, rodas tūska, t. i., šķidrums sakrāšanās starpsūnu spraugās. Tūskas cēloņi var būt dažādi: limfvadu un vēnu aizsprostojšanās vai saspiešana, sirds darbības traucējumi, kas izraisa venozo sastrēgumu un līdz ar to spiediena paaugstināšanos kapilāros, olbaltumvielu daudzuma samazināšanās asinīs (hipoproteīnēmija), kapilāru sienu palielināta caurlaidība, kura bieži rodas, saindējoties ar baktēriju toksīniem, dažu kukaiņu indēm, ipritu, lūzītu, difosgēnu, sudraba nitrātu, urānu, arsēnu, kā arī C avitaminozes rezultātā. Tūskas cēlonis var būt arī iekšējās sekrēcijas dziedzeru un nervu funkciju traucējumi, piemēram, vairogdziedzera hipofunkcija, nervu ievainojumi, saspiedumi u. tml.

Kā jau minēts, limfa no audiem tiek aizvadīta projām, uzsūcoties atpakaļ asinsvadu kapilāros, vai arī aiztek pa limfas kapilāriem. Limfas kapilāri sākas no starpšūnu spraugām un, savā starpā savienojoties, veido lielākus limfvadus, pa kuriem limfa ieplūst vēnās. Pie limfātiskās sistēmas pieder arī spraugas (dobumi) starp atsevišķiem orgāniem, kas piepildītas ar limfu (serozo šķidrumu).

Limfvadu uzbūve ir līdzīga vēnu uzbūvei. Tāpat kā vēnām, limfvadiem ir daudz vārstuļu, kas regulē limfas tecēšanu tikai vienā virzienā, t. i., virzienā uz to ietecēšanas vietu lielajās vēnās. Limfvadus inervē simpātiskās un parasimpātiskās nervu šķiedras, bet pretēji asinsvadiem simpātiskās nervu šķiedras limfvadus paplašina un parasimpātiskās — sašaurina.

VII. Elpošana

Elpošana ir gāzu apmaiņa starp organismu un apkārtējo vidi. Elpošanas rezultātā organisms saņem skābekli oksidācijas procesiem un izdala ogļskābo gāzi — oksidatīvās noārdīšanas galaproduktu.

Visu elpošanas procesu var sadalīt trijos etapos:

1) ārējā jeb plaušu elpošana — atmosfēras skābekļa iekļūšana plaušās un asinīs, bet ogļskābās gāzes izdalīšanās no organisma;

2) gāzu transports — skābekļa pārvešana no plaušām uz audiem un ogļskābes pārvešana no audiem plaušās;

3) iekšējā jeb audu elpošana — skābekļa nokļūšana no asinīm šūnās, oksidācijas procesu norises šūnās un ogļskābes izdalīšanās no audiem asinīs.

Izšķir vairākus elpošanas tipus: ādas, žaunu, traheju, zarnu un plaušu elpošanu. Visprimitīvākā ir ādas elpošana, kad gāzes (O_2 un CO_2) difundē caur ādas epitēliju un asinsvadu kapilāru endotēliju, kas cieši piekļaujas ādas epitēliālajai segai. Ādas elpošana labi attīstīta tārpiem, dažu sugu zivīm un abiniekiem. Tā, piemēram, vardēm caur ādu iziet 30... 50% uzņemtā skābekļa un 75... 86% izdalītās ogļskābās gāzes. Vienšūņiem elpošana ir vēl primitīvāka; tiem nav asinsrites un gāzes no apkārtējās vides difundē tieši šūnas citoplazmā — un otrādi.

Žaunu elpošana ir daudziem bezmugurkaulniekiem, piemēram, gliemežiem, kā arī zivīm un abinieku kāpurim.

Traheju elpošana ir kukaiņiem; to ķermenī gaiss nonāk pa tievu caurulīšu — traheju tīklu.

Zarnu elpošana novērojama dažu sugu zivīm, tām norijot gaisu vai ūdeni ar izšķīdinātu skābekli.

Plaušu elpošana ir vispilnīgākais elpošanas tips, kas nodrošina visintensīvāko gāzu apmaiņu. Plaušu elpošana attīstās jau abiniekiem, bet vislielāko nozīmi tā ir ieguvusi rāpuļu un it īpaši putnu un zīdītāju organismā. Gāzu apmaiņas intensitāte caur ādu un gremošanas trakta kanālu zīdītāju organismā nepārsniedz 1... 2% no kopējās gāzu apmaiņas.

PLAUŠU ELPOŠANA

PLAUŠU UZBŪVE

Plaušu uzbūves pamatā ir epitēlijaudi, kas veido mikroskopiskus plaušu pūslīšus — *alveolas*, no kurām tad arī sastāv plaušu parenhīma.

Plaušās atrodas arī intersticiālie audi, galvenokārt elastīgās šķiedras un nedaudz muskuļšķiedru, kas norobežo atsevišķas plaušu vienības (*lobulus*). Pa intersticiālajiem audiem plaušās sazarojas bronhi, nervi, kā arī bronhu artērija (*a. bronchialis*), kas ir plaušu nutritīvais asinsvads.

Alveolu sienas sastāv no plakanā vienkārtas epitēlija. No ārpuses to ietver plaušu funkcionālās artērijas (*a. pulmonalis*) kapilāru tīkls (28. att.). Tādējādi asinis plaušu kapilāros no alveolās esošā gaisa ir atdalītas tikai ar alveolu epitēliju un kapilāru endotēliju. Abu šūnu kārtu biezums nepārsniedz 0,004 mm, t. i., 4µm.

Katra zīdītāja dzīvnieka plaušās ir vairāki simti miljonu alveolu, tādēļ to kopējā virsma ir ļoti liela. Tā, piemēram, aitas plaušu alveolu kopējā virsma ir 50...80 m², t. i., 100 reizes lielāka par ķermeņa virsma laukumu.

Atmosfēras gaiss alveolās nokļūst, izejot cauri deguna un rīkles dobumiem, balsenei, trahejai, bronhiem, bronhiolām un alveolārajām ejām. Plaušās atrodas hermētiski noslēgtā krūšu dobumā, kuru veido krūškurvja sienas un diafragma. Krūšu dobuma iekšējā virsma un plaušās ir klātas ar serozu plēvi — pleiru. Pleiras daļu, kas apņem plaušas, sauc par viscerālo pleiru, bet daļu, kas izklāj krūšu dobuma iekšējo sienu, — par parietālo pleiru. Starp šīm abām pleiras daļām ir šaura sprauga — pleiras dobums, kurā atrodas limfa (pleirārais šķidrums), kas atvieglina plaušu slīdēšanu elpošanas kustību laikā.

ELPOŠANAS KUSTĪBU MEHĀNISMS

Zīdītāju dzīvnieku embrijiem plaušu lielums atbilst krūšu dobuma lielumam. Pēc pirmās ieelpas, kontrahējoties ieelpas muskuļiem, paceļas ribas un krūšu dobums paplašinās. Sekojošās ieelpas aktā ribas nevar pilnīgi atgriezties izejas stāvoklī, jo ribas galviņa (*capitulum costae*) un ribas pauguriņš (*tuberculum costae*) tiek fiksēti attiecīgās mugurkaulāja skriemeļu locītavbedrītēs.



28. att. Plaušu alveolas (pēc V. Nushaga):

1 — alveolārā eja, 2 — alveolas, 3 — kapilāru tīkls.

Sakarā ar to krūšu dobums pēc pirmās ieelpas paliek lielāks par plaušām un ieelpas muskuļi visu mūžu paliek attiecīgā tonusa stāvoklī.

Dzīvniekam augot, krūšu dobuma tilpums kļūst vēl lielāks par plaušu tilpumu, jo krūškurvis aug ātrāk nekā plaušas.

Lai gan pieaugušu dzīvnieku plaušas ir manāmi mazākas par krūšu dobumu, tās tomēr gandrīz pilnīgi piepilda krūšu dobumu, jo atmosfēras gaisa spiediens plaušas izstiepj un spiež tās pie krūšu dobuma sienām. Savukārt plaušu elastīgās šķiedras nepārtraukti cenšas sarauties, t. i., darbojas pretī atmosfēras spiedienam.

Plaušu elastīgo šķiedru izstiepšanai tiek patērēta noteikta atmosfēras spiediena daļa, tādēļ šaurajā pleiras dobumā ir negatīvs spiediens (zemāks par atmosfēras spiedienu). Tā, piemēram, zirgam ieelpas laikā intrapleirālais spiediens ir zemāks par atmosfēras spiedienu par 30...50 mm Hg un izelpas laikā — par 8...10 mm Hg.

Negatīvo spiedienu un tā izmaiņas pleiras dobumā var noteikt, ja cauri krūškurvja sienai izdur dobu adatu, ko savieno ar manometru. Ja pārdur krūškurvja sienu un krūšu dobumā ielaiž gaisu (pneimotorakss), t. i., kad intrapleirālais spiediens izlīdzinās ar atmosfēras spiedienu abās krūšu dobuma pusēs, elpošana pārtraucas un iestājas nāve.

Sakarā ar negatīvo spiedienu, kas ir pleiras dobumā, kā arī plaušu elastības dēļ plaušas seko krūškurvja kustībām. Paplašinoties krūškurvim, izplešas arī plaušas. Gais, kas piepilda plaušu alveolas, nedaudz izretinās, gaisa spiediens plaušās kritas un kļūst zemāks par atmosfēras spiedienu (vidēji par 1...3 mm Hg). Līdz ar to atmosfēras gais, tiek iesūkts plaušās — notiek ieelpa jeb *inspirācija*. Krūškurvim saplokot, saplok arī plaušas, un gais, tiek izspiests no plaušām, tādējādi notiek izelpa jeb *ekspirācija*.

Ieelpas aktā krūšu dobums paplašinās garenvirzienā un šķērsvirzienā. Krūšu dobums paplašinās garenvirzienā diafragmas muskulatūras kontrakcijas rezultātā. Kontrahējoties diafragmas muskuļiem, tie spiež uz vēdera dobuma orgāniem un bīda tos atpakaļ. Krūšu dobuma paplašināšanos šķērsvirzienā rada ārējo ribstarpu muskuļu (*mm. intercostales externi*) kontrakcijas, kas paceļ ribas.

Diafragmas muskuļus, kā arī ārējos ribstarpu muskuļus dēvē par ieelpas muskuļiem jeb *inspiratoriem*. Pastiprināti elpojot, ieelpas aktā piedalās arī citi muskuļi — elpošanas papildu muskuļi jeb palīgmuskuļi — kāpņu muskuļi (*mm. scaleni*), galvas liecējmuskuļi (*mm. sternocleidomastoidei*), trapezmuskuļi (*mm. trapezii*), rombmuskuļi (*mm. rhomboidei*), kā arī ribu cēlāji muskuļi (*mm. levatores costarum*) un dorsālo zobaino muskuļu (*mm. serrati dorsales*) kraniālās daļas.

Ieelpas aktā inspiratoriem ir jāpārvar vairākas pretestības: plaušu elastīgums, ribu skrimšļu pretestība, augšupceļamā krūškurvja smagums un vēdera dobuma orgānu (kuņģa, aknu, liesas,

zarnu) pretestība, kurus diafragma atspiež atpakaļ. Kad ieelpa ir beigusies un ieelpas muskuļi atslābst, minētie orgāni atspiež krūškurvi izejas stāvoklī un līdz ar to izraisa izelpu. Izelpas aktā piedalās arī iekšējie ribstarpu muskuļi (*mm. intercostales interni*), kurus sauc par izelpas muskuļiem jeb ekspiratoriem. Ja ir apgrūtināta vai forsēta elpošana, tad izelpas aktu veicina arī zobaino muskuļu kaudālās daļas, krūšu šķērsmuskuļi (*mm. transversi thoracis*), ribu šķērsmuskuļi (*mm. transversi costarum*), ārējie un iekšējie slīpie vēdera muskuļi (*mm. obliqui abdominis externi et interni*), taisnie vēdera muskuļi (*mm. recti abdominis*).

ELPOŠANAS KUSTĪBU TIPI

Izšķir trīs elpošanas kustību tipus: 1) krūšu jeb ribu (kostālo), 2) diafragmas jeb vēdera (abdominālo) un 3) jaukto (kostoabdominālo) elpošanas kustību tipu.

Elpošanas kustību tips atkarīgs no tā, kādi muskuļi galvenokārt piedalās elpošanā. Krūšu jeb ribu elpošanas kustību tipam ieelpu izraisa galvenokārt ārējo ribstarpu muskuļu kontrakcijas, bet diafragmas jeb vēdera elpošanas kustību tipam krūšu dobuma paplašināšanos ieelpas aktā nosaka galvenokārt diafragmas muskuļu kontrakcijas. Jauktā elpošanas kustību tipa ieelpas aktā vienādi piedalās kā diafragmas, tā arī ārējie ribstarpu muskuļi.

Lauksaimniecības dzīvniekiem parasti ir jauktais elpošanas kustību tips. Elpošanas kustību tipa maiņa tiem dažkārt liecina par patoloģiskām norisēm organismā. Tā, piemēram, ja krūšu dobumā ir kāds sāpīgs patoloģisks process, dzīvniekam novēro vēdera elpošanas kustību tipu. Patoloģiskam procesam lokalizējoties vēdera dobumā, ieelpas procesā piedalās galvenokārt ārējie ribstarpu muskuļi, t. i., iestājas krūšu elpošanas kustību tips. Tipisks krūšu elpošanas kustību tips dzīvniekiem novērojams arī tad, ja dzīvnieks slimo ar aizdusu.

ELPOŠANAS TROKŠŅI

Auskultējot (izklausot) balseni un traheju, dzirdams traheālais jeb bronhiālais elpošanas troksnis, kas atgādina burta H izrunas skaņu. Ieelpas laikā traheālais troksnis ir stiprāks un ilgstošāks nekā izelpas laikā. Šo troksni nosaka balsenes sašaurināto daļu vibrācija ieelpas un izelpas laikā. Auskultējot normālu dzīvnieku plaušas, dzirdams vezikulārais elpošanas troksnis, kas atgādina burta T izrunas skaņu. Vezikulārais troksnis visskaidrāk ir sadzirdams ieelpas beigās. Izelpas laikā šī skaņa ir vāja un īslaicīga. Maziem dzīvniekiem vezikulārais troksnis ir stiprāk izteikts nekā lieliem dzīvniekiem. Šo troksni rada

gaisa plūsma caur sikiem bronhiem, kā arī gaisa pāreja no bronhiolām alveolās un alveolu izplešanās. Uzskata arī, ka vezikulārā trokšņa izcelšanās ir saistīta ar traheālā trokšņa pārvadīšanu caur veselīem plaušu audiem.

Vezikulārais elpošanas troksnis dažkārt var būt pavājināts vai arī pastiprināts. Pavājināts vezikulārais elpošanas troksnis novērojams tad, kad ir samazināta plaušu elastība, vai arī tad, ja ir biezas krūškurvja sienas, kas traucē vezikulārā elpošanas trokšņa auskultāciju. Pastiprināts vezikulārais elpošanas troksnis dzirdams tad, ja ir fiziska piepūle, bronhu sašaurinājums, anēmija.

ELPOŠANAS FREKVENCE

Elpošanas frekvence ir atkarīga no dzīvnieka kārtas, vecuma, organisma fizioloģiskā stāvokļa, produktivitātes, nodarbinātības, kā arī no apkārtējās vides temperatūras un diennakts laika. Jauņiem organismiem elpošanas frekvence ir lielāka nekā veciem organismiem. Elpošanas frekvence palielinās līdz ar organisma vielu maiņas pastiprināšanos un dzīvnieka produktivitātes, piemēram, piena izslaukuma palielināšanos. Ļoti stipri elpošanas frekvence palielinās darba laikā, kā arī tad, ja paaugstinās apkārtējās vides temperatūra. Intensīvā muskuļu darbā elpošanas frekvence var palielināties 2...3 reizes.

Mājdzīvnieku elpošanas frekvence (1 minūtē) organisma miera stāvoklī

Govij	20 (10—30)	Balodīm	50 (40—60)
Zirgam	12 (8—16)	Sunim	20 (10—30)
Aitai un kazai	15 (12—25)	Kaķim	25 (20—30)
Cūkai	13 (8—18)	Vistai	24 (22—26)
Titaram	13 (12—14)	Pilei	18 (15—20)
Trusim	12 (10—15)	Zosij	10 (9—12)

Lai reģistrētu elpošanas kustības un līdz ar to elpošanas frekvenci grafiski, dzīvnieka krūškurvja sienai piestiprina kapsulu, kura pārklāta ar gumijas membrānu. Paaugstināts gaisa spiediens, kas rodas šajā kapsulā ieelpas laikā (krūškurvja siena spiež uz gumijas membrānu), tiek novadīts uz citu — Mareja kapsulu. Mareja kapsulai piestiprināta svira kustas līdzī katrai elpošanas kustībai un zīmē uz kimogrāfa lentes attiecīgu līkni, pēc kuras var spriest par elpošanas frekvenci, kā arī par tās dziļumu un attiecīgo elpošanas fāzu savstarpējām attiecībām. Elpošanas kustību grafisko reģistrāciju sauc par pneimogrāfiju, bet iegūto līkni — par pneimogrammu.

PLAUŠU VITĀLĀ KAPACITĀTE

Pieaudzis cilvēks miera stāvoklī ieelpo un izelpo 0,3...0,6 l (vidēji 0,5 l) gaisa, suns — 0,3...0,5 l un zirgs — 5...6 l. Šo gaisa tilpumu sauc par elpojamā gaisu. Izdarot maksimālo ieelpas kustību, cilvēks var ieelpot virs elpojamā gaisa tilpuma papildus vēl 1,5 l un zirgs — vidēji 12 l gaisa; šo gaisa tilpumu sauc par papildu gaisu. Tikpat lielu gaisa tilpumu — rezerves gaisu var izelpot pēc mierīgas izelpas kustības.

Tātad, mierīgi elpojot, krūškurvis maksimāli nepaplašinās un nesaplok, un vajadzības gadījumā krūškurvja tilpums var ievērojami mainīties.

Elpojamā, papildu un rezerves gaisa tilpumu summa sastāda plaušu vitālo kapacitāti jeb plaušu dzīvības tilpumu, kas cilvēkam ir 3...4 l un zirgam — 26...30 l.

Pēc maksimālas izelpas plaušas pilnīgi neatbrivojas no gaisa; cilvēkam plaušās paliek vidēji 1 l gaisa, bet zirgam — apmēram 10 l gaisa. Šo gaisu sauc par atlikuma gaisu. Atlikuma gaiss plaušās paliek arī pēc nāves.

Atiecīgu atlikuma gaisa daļu — kolapsa gaisu var iegūt no plaušām, izdarot abpusēju pneimotoraksu. Tomēr visu gaisu no plaušām izvadīt neizdodas. Tādēļ pieauguša vai arī elpojuša jauniešiem dzīvnieka liķa plaušās ūdeni negrimst. Ja ūdeni ieliek embrija vai arī nedzīvi dzimuša dzīvnieka plaušās, kas nesatur gaisu, tās tūlīt nogrimst.

PLAUŠU VENTILĀCIJA

Katrā ieelpā plaušu alveolās nokļūst vidēji 70% ieelpotā gaisa; pārējā daļa elpojamā gaisa (30%) paliek gaisa ceļos (deguna dobumā, balsenē, trahejā, bronhos un bronhiolās).

Pēc mierīgas izelpas plaušās paliek rezerves un atlikuma gaiss, kas sastāda alveolārā gaisa tilpumu, kurš zirgam ir 22 l (12 l rezerves gaiss + 10 l atlikuma gaiss).

Atiecību starp ieelpotā gaisa tilpumu un alveolārā gaisa tilpumu sauc par plaušu ventilācijas koeficientu. Plaušu ventilācijas koeficienta rādītājs ir plaušu ventilācijas minūtes tilpums — gaisa daudzums, kāds caur plaušām iziet 1 minūtē. Plaušu ventilācijas minūtes tilpumu aprēķina, reizinot elpojamā gaisa tilpumu ar ieelpas kustību skaitu 1 minūtē.

Plaušu ventilācijas minūtes tilpums stipri atkarīgs no dzīvnieku turēšanas, ēdināšanas, nodarbināšanas un citiem faktoriem. Tā, piemēram, zirgam miera stāvoklī plaušu ventilācijas minūtes tilpums ir 40...60 l, soļojot tas pieaug līdz 100...200 l, bet smagā darbā sasniedz 400...500 l (D. Kriņicins). Govij plaušu ventilācijas minūtes tilpums sastāda 70 l, aītai — 4,5 l, sunim — 2,5...4,5 l.

Lai gan elpošanas ceļu gaiss nepiedalās gāzu maiņā, tomēr augšējiem elpošanas ceļiem ir svarīga nozīme elpošanas procesā. Deguna dobuma gļotādā atrodas ožas nerva jutīgie gali, ar kuriem dzīvnieks analizē ieelpojamo gaisu. Plūstot pa augšējiem elpošanas ceļiem, gaiss sasilst līdz 25...35 °C temperatūrai, piesātinās ar ūdens tvaikiem un attīrās no putekļiem. Ar gļotām un mirdzēpitēliju (skropstiņu epitēliju) aizturētie svešķermeņi tiek pārvietoti rīkles dobuma virzienā. Bez tam augšējos elpošanas ceļos atrodas receptori, kuru kairinājumi reflektoriski izraisa aizsargreakcijas, piemēram, klepu, šķavas, sprauslošanu, kas neļauj iekļūt plaušās stipri kairinošām gāzēm, kā arī sekmē elpošanas ceļu attīrīšanu no svešķermeņiem.

GĀZU APMAIŅA

Ieelpojamā, izelpojamā un alveolārā gaisa sastāvs

Plaušās alveolārā gaisa skābeklis nepārtraukti pāriet asinīs, bet no asinīm plaušu alveolās nokļūst ogļskābā gāze. Alveolārajā gaisā ir ievērojami vairāk ogļskābās gāzes un mazāk skābekļa nekā atmosfēras gaisā. Izelpojamais gaiss no alveolārā gaisa atšķiras ar to, ka tajā procentuāli ir lielāks skābekļa un mazāks ogļskābās gāzes saturs. Tas tādēļ, ka izelpojamais gaiss satur ne tikai alveolāro gaisu, bet arī elpojamo ceļu gaisu, kas ieelpas beigās sastāva ziņā maz atšķiras no atmosfēras gaisa (14. tabula).

14. tabula

Skābekļa un ogļskābās gāzes saturs ieelpojamā, alveolārajā un izelpojamā gaisā

Gaiss	Daudzums (%)	
	O ₂	CO ₂
Ieelpojamais (atmosfēras)	20,93	0,03
Alveolārais	14,6	5,7
Izelpojamais	16,4	4,1

Salīdzinot skābekļa un ogļskābās gāzes saturu ieelpojamā un izelpojamā gaisā, redzams, ka apmēram 4,5% no ieelpotā gaisa skābekļa paliek organismā un apmēram 4,1% ogļskābās gāzes izdalās no organisma.

Atmosfēras gaisa sastāvs, kā zināms, ir ļoti pastāvīgs, turpretī slēgtās telpās un it īpaši tur, kur mitinās daudz dzīvnieku, ieelpojamā gaisā procentuāli ir mazāk skābekļa un vairāk ogļskābās gāzes. Visumā skābekļa saturs alveolārajā gaisā ir 14,2...16%, bet ogļskābās gāzes saturs — 4,6...6%.

Gāzu apmaiņas starp alveolāro gaisu un asinīm

Skābekļa pāriešana no alveolārā gaisa asinīs un ogļskābās gāzes pāriešana no asinīm alveolārajā gaisā notiek sakarā ar gāzu parciālo spiedienu starpību. Skābekļa un ogļskābās gāzes parciālo spiedienu starpība, kāda pastāv starp alveolāro gaisu un asinīm, pilnīgi nodrošina skābekļa pārvietošanos no alveolām asinīs un ogļskābās gāzes pārvietošanos no asinīm alveolārajā gaisā (15., 16. tabula).

15. tabula

Skābekļa un ogļskābās gāzes parciālais spiediens asinīs un alveolārajā gaisā

Gāze	Parciālais spiediens (mm Hg)		
	alveolārajā gaisā	venozajās asinīs (plaušu kapilāros)	arteriālajās asinīs
Skābeklis	100—115	20—40	95—110
Ogļskābā gāze	38—45	46—60	40—50

16. tabula

Gāzu saturs arteriālajās asinīs dažādu sugu dzīvniekiem

Dzīvnieks	Daudzums (ml/100 ml asins)		
	skābeklis	ogļskābā gāze	slāpekļis
Zirgs	14—18	40—50	1—2
Aita	14—19	40—50	1—2
Suns	14—22	30—40	1—3
Vista	12—16	40—50	—
Pīle	14—18	40—50	—

Skābekļa saistīšana un atdošana

Asinīs skābeklis atrodas izšķīdušā stāvoklī un ķīmiski saistītā veidā. Izšķīdušā skābekļa daudzums asinīs ir relatīvi mazs. Lielākā skābekļa daļa asinīs atrodas ķīmiski saistītā veidā.

Asinīs nokļuvušais skābeklis savienojas ar hemoglobīnu (Hb), veidojot nepastāvīgu, viegli disociējošu savienojumu — oksihemoglobīnu (HbO₂). Zīrgam 1 g hemoglobīna var saistīt 1,33 ml O₂, govij — 1,0... 1,15 ml, cūkai — 1,68 ml un sunim — 1,55... 1,65 ml O₂ (cilvēkam — 1,30 ml O₂).

Hemoglobīna piesātināšanās pakāpe ar skābekli plaušās ir atkarīga no skābekļa parciālā spiediena alveolārajā gaisā. Ja skābekļa parciālais spiediens ir 100 mm Hg, kāds parasti ir alveolārajā gaisā, tad 92% hemoglobīna pārvēršas oksihemoglobīnā.

Audu kapilāros skābekļa parciālais spiediens krasi samazinās (līdz 40... 20 mm Hg), un līdz ar to oksihemoglobīns sāk

sadalīties hemoglobīnā un skābeklī. Skābeklis izšķīst asins plazmā un no tās difundē audu šķidrumā. Tātad reakcija $Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$ ir viegli apgriezeniska.

Hemoglobīnam pārvēršoties oksihemoglobīnā, dzelzs atoms paliek divvērtīgs, tādēļ oksihemoglobīna veidošanās reakciju neuzskata par hemoglobīna oksidēšanos.

Hemoglobīna molekula saistās ar skābekli 0,001 s laikā, bet oksihemoglobīna molekulas sadalīšanās hemoglobīnā un skābeklī norisinās nedaudz ilgāk — 0,05 sekundēs.

Hemoglobīna saistīšanos ar skābekli ietekmē ogļskābe; paaugstinoties ogļskābes koncentrācijai asinīs, samazinās oksihemoglobīna daudzums. Vispār asins reakcijas novirzīšanās uz skābo pusi pāātrina oksihemoglobīna sadalīšanos un līdz ar to veicina skābekļa pāriešanu audos. Šim apstāklim ir svarīga fizioloģiska nozīme, jo tas nodrošina visintensīvāko skābekļa piegādi tieši tiem orgāniem un audiem, kuros ir visaugstākais vielu maiņas līmenis un kuros līdz ar to rodas visvairāk skābo vielu maiņas produktu (ogļskābe, pienskābe u. c.). Plaušu kapilāros hemoglobīna spēja saistīt skābekli pieaug, jo plaušās notiek ogļskābās gāzes difūzija alveolās, un līdz ar to ogļskābes koncentrācija asinīs samazinās.

Oksihemoglobīna sadalīšanās intensitāte ir atkarīga arī no temperatūras. Temperatūrai paaugstinoties, oksihemoglobīna sadalīšanās pastiprinās. Līdz ar to uzlabojas skābekļa piegāde nodarbinātiem orgāniem, kuros parasti ir paaugstināta temperatūra.

Bez hemoglobīna skābekli var saistīt arī mioglobīns, t. i., hemoglobīnam līdzīgs savienojums, kas atrodas augstāko dzīvnieku muskuļaudos. Mioglobīns saista skābekli stiprāk nekā hemoglobīns. Ja skābekļa parciālais spiediens asinīs ir 10 mm Hg un oksihemoglobīns ir jau atdevis lielāko daļu saistītā skābekļa, tad 70% mioglobīna ir vēl saistītā veidā ar skābekli. Mioglobīns visvairāk atrodas tajos muskuļos, kas ilgāku laiku veic ritmiskas kustības (košļāšanas, ekstremitāšu u. c.). Visvairāk mioglobīna ir sirds muskulī, kur tas nodrošina oksidācijas procesu norisi sistoles laikā, kad sirds muskuļa apgāde ar asinīm pavājinās (sirds muskuļa barojošo asinsvadu saspiešanas dēļ).

Sevišķi liela nozīme mioglobīnam ir ūdenī dzīvojošo zīdītāju (valzivju, roņu u. c.) organismā. So dzīvnieku muskulatūrā ir ļoti daudz mioglobīna, tādēļ tie var ilgi atrasties zem ūdens (nirt), izmantojot šajā laikā mioglobīna skābekli oksidācijas procesiem organismā.

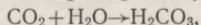
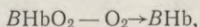
Ogļskābes saistīšana un pārvešana no audiem uz plaušām

Ogļskābe asinīs ir saistīta ar karbonātiem un fosfātiem, kā arī ar asins (plazmas un eritrocītu) olbaltumvielām.

Ogļskābe veicina oksihemoglobīna šķelšanu, bet skābeklis sekmē hidrogēnkarbonātu sadalīšanos. Tādējādi audu kapilāros,

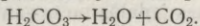
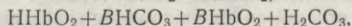
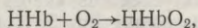
kur strauji samazinās skābekļa koncentrācija, pastiprinās ogļskābes saistīšana, un savukārt plaušu kapilāros, asinīm piesātinoties ar skābekli, notiek ogļskābes atdalīšanās.

Audos, kā zināms, oksihemoglobīns zaudē skābekli un pārvēršas hemoglobīnā. Reducētais hemoglobīns ir vājāka skābe nekā ogļskābe, tādēļ ogļskābe atņem hemoglobīnam tā bāzes un pārvēršas hidroģēnkarbonātā. Tātad audos norisinās šādas reakcijas:



$H_2CO_3 + BHb \rightarrow BHCO_3 + HHb$, kur B — bāziskais radikālis.

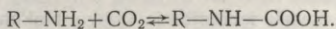
Plaušās hemoglobīns, savienojoties ar skābekli, veido oksihemoglobīnu, kas kā stiprāka skābe izspiež ogļskābi no hidroģēnkarbonātiem, saistot hidroģēnkarbonātu bāzisko sastāvdaļu:



Ogļskābās gāzes parciālais spiediens plaušu kapilāros ir lielāks nekā alveolārajā gaisā, tāpēc tā izdalās no asinīm.

Ogļskābes veidošanos audos, kā arī tās sadalīšanos ūdenī un ogļskābā gāzē, kas norisinās plaušu kapilāros, katalizē ferments karboanhidrāze. Karboanhidrāze paātrina ogļskābes veidošanos vai sadalīšanos (atkarībā no vides apstākļiem) 1500... 2000 reizes.

Noskaidrots, ka hemoglobīns paralēli skābekļa saistīšanai piedalās arī ogļskābes saistīšanā un pārveidā. Ogļskābe ar hemoglobīnu veido nestabilu savienojumu — karbhemoglobīnu, (karbamīnhemoglobīnu), kas plaušu kapilāros ātri sašķeļas, izdalot brīvu ogļskābo gāzi. Karbhemoglobīns ir karbamīdu savienojumu tips, t. i., ogļskābās gāzes (skābes) savienojums ar hemoglobīna (olbaltumvielas) aminogrupu:

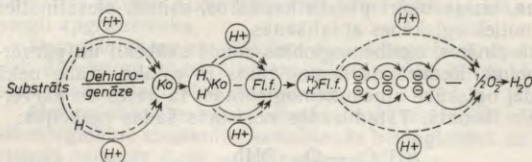


Uzskata, ka karbhemoglobīna veidā no audiem plaušās tiek pārnesti līdz 20% ogļskābes.

AUDU ELPOŠANA

Izejot caur audu kapilāriem, asinis atdod 6... 8 tilpuma procentus skābekļa, kas sastāda 30... 40% no visa asinīs esošā skābekļa. Tas ir skābekļa izmantošanas koeficients, kuru aprēķina, nosakot skābekļa starpību arteriālajās un venozajās asinīs.

Organisko vielu oksidācijas shēma



Iegūto skaitli daļa ar skābekļa saturu arteriālajās asinīs un reizina ar 100. Skābekļa izmantošanas koeficients mainās atkarībā no orgānu un audu vielu maiņas intensitātes un to funkcionālā stāvokļa. Tā, piemēram, intensīvi nodarbinātie orgāni no arteriālajām asinīm patērē 10...12 tilpuma procentus skābekļa, līdz ar to skābekļa izmantošanas koeficients pieaug līdz 50...60%.

Oksidācijas procesā audos veidojas ogļskābā gāze un ūdens, kā arī dažas citas vielas, kas izdalās no organisma ar urīnu. Oksidācijas process, kas norisinās kā šūnās, tā arī starpšūnu vielā, sastāv no daudzām savstarpēji saistītām ķīmiskām reakcijām. Oksidācijas process audos sākas ar to, ka oksidējamai vielai tiek atņemts ūdeņradis. Zaudējot ūdeņradi, attiecīgā organiskā viela oksidējas un sašķeļas vienkāršākos savienojumos. Oksidācijas rezultātā atbrīvojas organisko vielu potenciālā (ķīmiskā) enerģija un izdalās ogļskābā gāze.

Organisko vielu oksidācija (ūdeņraža zaudēšana jeb dehidrogenizācija) audos norisinās ar fermenta dehidrogenāzes starpniecību: dehidrogenāze (kodehidrogenāze) pievieno ūdeņradi, ko pēc tam atdod flavīniem fermentiem, piemēram, citohromreduktāzei. Savukārt flavīnie fermenti ūdeņradi atdod citohromiem un citohromoksidāzei. Citohromoksidāze ūdeņradi atdod skābeklim, kas šajā gadījumā ir ūdeņraža akceptors. Vielām reaģējot, rodas ūdens.

Lielu ieguldījumu mācības attīstībā par audu oksidācijas procesu norisēm ir devuši ievērojamie krievu bioķīmiķi A. Bahs un V. Paladins.

ELPOŠANAS REGULĀCIJA

Koordinētas elpošanas kustības nosaka impulsi, kas ritmiski pienāk elpošanas muskuļiem no muguras smadzeņu centriem. Elpošanas muskuļi saņem uzbudinājuma impulsus no muguras smadzeņu ventrālo ragu motorajām (kustību) šūnām: krūšu muskuļi — no šūnām, kas atrodas muguras smadzeņu krūšu daļas segmentos, bet diafragma — no šūnām, kas novietotas muguras smadzeņu kakla daļas 3...7. segmentā.

Savukārt muguras smadzeņu elpošanas regulācijas centri uzbudinājuma impulsus saņem no iegareno smadzeņu elpošanas centra, kurā nepārtraukti un ritmiski rodas uzbudinājums.

Krievu fiziologs N. Mislavskis noskaidrojis, ka elpošanas centrs atrodas iegareno smadzeņu vidējā trešdaļā. Bez tam viņš pierādījis, ka iegareno smadzeņu elpošanas centrs ir abpusējs, t. i., šis centrs sastāv no simetriski novietotas labās un kreisās puses. Bojājot vienu elpošanas centra pusi, izbeidzas elpošanas muskuļu kontrakcijas tajā pašā ķermeņa pusē. Ja iznīcina abas elpošanas centra puses, elpošana tiek pārtraukta pilnīgi. Funkcionāli elpošanas centru vēl iedala ieelpas (inspirācijas) un izelpas (ekspirācijas) centrā, kas savā starpā ir cieši saistīti, un to darbība ir stingri saskaņota.

Iegareno smadzeņu elpošanas centru uzbudina humorālie un reflektoriskie kairinātāji. Bez tam iegareno smadzeņu elpošanas centrs var uzbudināties arī automātiski, t. i., to vielu maiņas produktu ietekmē, kuri veidojas pašā elpošanas centrā.

ELPOŠANAS HUMORĀLĀ REGULĀCIJA

Spēcīgs elpošanas centra humorālais kairinātājs ir asins ogļskābe.

Paaugstinoties ogļskābes koncentrācijai asinīs, pastiprinās elpošanas centra darbība un līdz ar to palielinās plaušu ventilācija. Elpošanas kustības šajā gadījumā kļūst biežākas un dziļākas (*hiperpernoe*). Rezultātā pastiprinās ogļskābes izvadīšana no asinīm. Ja ogļskābes saturs asinīs samazinās, piemēram, pēc pastiprinātas plaušu ventilācijas (hiperventilācijas) organisma miera stāvoklī, elpošanas centrs tiek uzbudināts vājāk un līdz ar to pavājinās elpošanas kustības. Dažkārt elpošanas kustības šajā gadījumā uz noteiktu laiku (līdz pat 20...30 s) var pārtraukt (*apnoe*). Pēc tam kad asinīs no jauna uzkrājas ogļskābe, pastiprinās elpošanas centra kairināšana un elpošana atjaunojas.

Ja ieelpojamā gaisā stipri pieaug ogļskābās gāzes saturs, tad pat pastiprināta plaušu ventilācija nespēj aizkavēt ogļskābās gāzes koncentrācijas pieaugumu alveolārajā gaisā. Rezultātā tiek apgrūtināta ogļskābes izdalīšanās no asinīm un ogļskābes koncentrācija asinīs manāmi pieaug. Tas izraisa stipru elpošanas centra uzbudinājumu un aizdusu. Sakarā ar to ir svarīgi sekot ieelpojamā gaisa sastāvam dzīvnieku mitekļos. Saskaņā ar zoonigiēnas prasībām ogļskābās gāzes koncentrācija dzīvnieku mitekļos nedrīkst pārsniegt 0,25%.

Elpošanas centru uzbudina ne tikai ogļskābe, bet vispār asins reakcijas novirzīšanās uz skābo pusi. Udeņraža jonu koncentrācija asinīs parasti pieaug tad, ja organismā trūkst skābekļa, jo asinīs pieaug nepilnīgi oksidēto vielu maiņas produktu, piemēram,

pienskābes saturs. Pastiprinoties plaušu ventilācijai, no asinīm intensīvāk sāk izdalīties ogļskābē gāze un līdz ar to ūdeņraža jonu koncentrācija asinīs samazinās.

Noskaidrots, ka ogļskābe un citas skābes kairina iegareno smadzeņu elpošanas centru ne tikai tieši, bet iedarbojas uz to arī reflektoriski — caur asinsvadu refleksogēnajām zonām.

Auglis, atrodoties mātes organismā, patstāvīgi neelpo. Caur nabas saites asinsvadu kapilāru sienām, kas cieši saskaras ar dzemdes kapilāriem, augļa organismā difundē skābeklis un izdalās ogļskābe (ogļskābē gāze). Tā kā elpošanas centra uzbudināmība auglim ir vāja, tad samērā zems ogļskābes koncentrācijas līmenis, kāds ir tā asinīs, nespēj izraisīt elpošanas centra darbību. Dzemdību laikā pārtrūkst nabas saite, auglim trūkst skābekļa un tā asinīs strauji pieaug ogļskābes koncentrācija, kas uzbudina elpošanas centru un izraisa pirmo ieelpu.

Lai notiktu pirmā ieelpa, ir svarīgi embrionālo elpošanu pārtraukt pēkšņi. Ja nabas saite tiek saspiesta lēnām, tad ogļskābes koncentrācija augļa asinīs pieaug pakāpeniski, neizraisa elpošanas centra uzbudinājumu, un auglis nobeidzas, neizdarījis ieelpu.

ELPOŠANAS REFLEKTORISKĀ REGULĀCIJA

Elpošanas centra darbību ietekmē arī nervu impulsi, kas nāk no dažādiem ķermeņa interoreceptoriem un eksteroreceptoriem, pie tam daži reflektoriskie impulsi izraisa elpošanas centra uzbudinājumu, bet citi tā kavējumu.

Elpošanas centrs reflektoriskus impulsus saņem vispirms no plaušām. Plaušu audos atrodas klejotājnerva aferento (jušanas) šķiedru gali. Ieelpas laikā plaušas izplešas un kairina šos nervu galus. Uzbudinājuma impulsi, kas rodas kairinājumu rezultātā, pa klejotājnervu tiek novadīti uz iegareno smadzeņu elpošanas centru, izraisot tā darbības kavējumu un līdz ar to ieelpas izbeigšanos. Izbeidzoties ieelpai, krūškurvis noslīgst leļup, tā tilpums sāk samazināties — notiek izelpa. Kad plaušas saplok, klejotājnervu aferentie gali vairs netiek kairināti un līdz ar to iegareno smadzeņu elpošanas centrs nesaņem impulsus, kas izraisa tā darbības kavējumu. Tad elpošanas centrs no jauna uzbudinās, un notiek kārtējā ieelpa. Pastāv arī uzskats, ka, plaušām izelpas laikā saplokot, tiek kairināti citas grupas tā paša klejotājnerva jušanas gali, kas uzbudinoties reflektoriski izraisa arī elpošanas centra uzbudinājumu un līdz ar to izelpas pārtraukumu un ieelpu. Tādējādi notiek it kā elpošanas kustību pašregulācija: ieelpa izraisa izelpu, savukārt izelpa — ieelpu. Šādi elpošanas kustību regulācijai ir zināma aizsargnozīme, jo tā pasargā plaušas no pārmērīgas izstiepšanas ieelpas laikā, kā arī ierobežo izelpas kustības. Ja pārgriež abus plaušu klejotājnervus, elpošanas kustības kļūst retas un ļoti dziļas.

Elpošanas centra darbības pārmaiņas izraisa arī impulsi, kas nāk no aortas loka un karotīdes sinusa refleksogēnajām zonām. Paaugstinoties asinsspiedienam aortas lokā un karotīdes sinusā, reflektoriski pavājinās elpošanas kustības, bet, asinsspiedienam pazeminoties, elpošana pastiprinās. Reflektorisko elpošanas pastiprināšanos izraisa arī asinsvadu hemoreceptoru kairinājums, ko rada paaugstināta ogļskābes koncentrācija asinīs.

Reflektoriskas elpošanas pārmaiņas izraisa arī pleiras, vēdera dobuma orgānu, ādas un maņu orgānu kairinājumi.

Sevišķi stipri elpošanu ietekmē refleksi, kas rodas elpošanas ceļu kairinājuma rezultātā. Šiem refleksiem ir svarīga aizsargnozīme, jo tie neļauj iekļūt plaušās dažādiem svešķermeņiem un stipri kairinošām gāzēm. Tā, piemēram, kairinot deguna dobuma gļotādu (*n. trigeminus* beigu galus) ar amonjaka tvaikiem, stipri sašaurinās bronhi un elpošana tiek pārtraukta izelpas stāvoklī. Mehāniskie kairinājumi, piemēram, lielākas putekļu daļiņas, kā arī samērā vāji ķīmiskie deguna dobuma gļotādas kairinājumi reflektoriski izraisa šķavas vai sprauslošanu, t. i., ātru un spēcīgu izelpu caur deguna dobumu (mutes dobums šajā laikā ir cieši noslēgts). Trahejas un bronhu gļotādas kairinājumi izraisa klepus refleksu, t. i., spēcīgu izelpu, kas notiek vienlaikus ar balsenes dobuma stipru sašaurināšanos. Klepus laikā sakarā ar spēcīgu gaisa plūsmu (gaisa kustība elpošanas ceļos klepus laikā sasniedz 120 m/s) no elpošanas orgāniem ātri tiek izvadīti svešķermeņi un kairinošas vielas.

Iegareno smadzeņu elpošanas centra darbību zināmā mērā regulē galvas smadzeņu garoza. Pētījumos noskaidrots, ka elpošanas frekvenci un dziļumu var ietekmēt nosacījuma reflektoriskie kairinātāji. Tā, piemēram, ja dzīvnieki tiek turēti mitekļi, kura gaisā ir paaugstināta ogļskābās gāzes koncentrācija, tad, tiklīdz dzīvniekus ievieto šajā mitekļi, tiem iestājas pastiprināta plaušu ventilācija (arī tad, ja ogļskābās gāzes koncentrācija mitekļa gaisā ir normas robežās).

ELPOŠANA MUSKUĻU DARBA LAIKĀ

Vielu maiņas un oksidācijas procesu intensitātes pastiprināšanās rezultātā muskuļu darba laikā pieaug skābekļa patēriņš. Līdz ar to muskuļu darba laikā pastiprinās elpošanas kustības un palielinās plaušu ventilācija, kas ietekmē organisma labāku apgādi ar skābekli un nodrošina ogļskābās gāzes izvadīšanu.

Trenētiem organismiem darba laikā elpošanas kustības ir maņāmi retākas un dziļākas nekā netrenētiem. Dziļas elpošanas kustības nodrošina labāku plaušu ventilāciju, līdz ar to labāku asins piesātināšanos ar skābekli nekā bieža un sekla elpošana.

Pastiprinātas elpošanas kustības darba laikā izraisa paaugstināta ogļskābes koncentrācija asinīs, kā arī uzbudinājuma impulsi, kas pienāk elpošanas centram no strādājošo muskuļu receptoriem.

Organisma audu un šūnu labāku apgādi ar skābekli darba laikā nodrošina arī asinsrites pastiprināšanās un eritrocītu daudzuma pieaugums cirkulējošās asinīs, jo muskuļu darba laikā no asins depo (liesas, aknām) cirkulācijā iekļaujas asinis ar lielāku eritrocītu skaitu.

Elpošanas, kā arī asinsrites pastiprināšanās muskuļu darbā neiestājas uzreiz; pirmajās minūtēs pēc intensīva darba sākuma skābekļa daudzums, kuru muskuļi saņem, nav pietiekams, lai pilnīgi apmierinātu oksidācijas procesu vajadzības. Šī iemesla dēļ organismā rodas skābekļa deficīts un uzkrājas skābie vielu maiņas produkti, kas uzbudina elpošanas un asinsrites regulācijas centrus. Tiklīdz elpošanas un asinsrites intensitāte pielāgojas pieaugušās skābekļa vajadzības apmierināšanai, skābekļa deficīts vairs nepalielinās.

Darba sākumā uzkrāto skābo vielu maiņas produktu (pienskābes u. c.) oksidācija notiek pēc darba, tādēļ pastiprināta elpošana un sirdsdarbība turpinās vēl attiecīgu laiku pēc muskuļu darba izbeigšanās.

SKĀBEKĻA TRŪKUMA IETEKME UZ ORGANISMU

Organisma vai arī atsevišķu orgānu un audu nepietiekamu apgādi ar skābekli sauc par hipoksiju.

Atkarībā no rašanās cēloņiem izšķir hipoksisko, elpošanas, cirkulatoro, anēmisko un histotoksisko hipoksiju.

Hipoksisko hipoksiju izraisa nepietiekams skābekļa saturs apkārtējā gaisā. Šis hipoksijas veids iestājas, uzturoties augstu kalnos (kalnu slimība), kā arī inhalācijas narkozes laikā.

Elpošanas hipoksijas cēlonis ir elpošanas ceļu, plaušu, kā arī krūškurvja patoloģiskas pārmaiņas, piemēram, svešķermeņu nokļūšana elpošanas ceļos, krūškurvja deformācija, plaušu tūska un emfizēma, pneimonijas utt. Visos šajos gadījumos apgrūtinātas elpošanas dēļ plaušu alveolās samazinās skābekļa saturs un līdz ar to pavājinās asins piesātināšanās ar skābekli.

Cirkulatorā hipoksija iestājas sakarā ar asinsrites traucējumiem, piemēram, ar venozo hiperēmiju, vietējo anēmiju u. c. Cirkulatorās hipoksijas gadījumā skābekļa saturs arteriālajās asinīs ir normāls, bet tā pievadišana audiem ir nepietiekama palēninātas asinsrites dēļ.

Ja asinīs samazinās hemoglobīna saturs (anēmija) un ja hemoglobīns zaudē spēju saistīt skābekli, piemēram, veidojoties karboksihemoglobīnam vai methemoglobīnam, iestājas anēmiskā hipoksija.

Histotoksiskā (audu) hipoksija ir sekas no audu samazinātas spējas izmantot skābekli. Histotoksiskā hipoksija parasti iestājas tad, kad ir traucēta audu elpošana, piemēram, saindējoties ar

ūdeņradi, ciānsavienojumiem, fosforu, arsēnu, kā arī ar dažādiem eksotoksīniem un endotoksīniem.

Iestājoties hipoksijai, reflektoriski pastiprinās elpošana un asinsrite. Elpošanas kustības kļūst biežākas un dziļākas, pieaug sirdsdarbības frekvence, palielinās sirds minūtes tilpums, paaugstinās asinsspiediens. Tas viss sekmē organisma labāku apgādi ar skābekli. Hipoksijai pastiprinoties, tiek traucētas elpošanas un asinsrites centru funkcijas, līdz ar to elpošana kļūst sekla un neregulāra, pavājinās sirdsdarbība, pazeminās asinsspiediens utt.

Ja hipoksija ir stipri izteikta vai arī ja tā ir ilgstoša, iestājas nāve.

Jo augstāka ir audu diferenciācija, jo sliktāk tie pacieš skābekļa badu. Pret skābekļa trūkumu visjutīgākie ir nervaudi (it īpaši galvas smadzeņu garoza un iegarenās smadzenes), kā arī sirds muskulis. Saistaudiem, kas vismazāk diferencēti, ir vislielākā rezistence pret skābekļa trūkumu.

ELPOŠANAS ĪPATNĪBAS PUTNIEM

Putniem ir spēcīgi attīstīts krūškurvis. Krūšu kauls tiem ir pārvērsts tālu atpakaļ un aptver pat daļu no vēdera dobuma. Putniem nav ribu skrimšļu un diafragmas. Ribu skrimšļu vietā tiem ir krūšu kaula ribas, kas ar kustīgām locītavām savienotas ar mugurkaulāja ribām. Putnu plaušas ir neelastīgas, relatīvi mazas un pieaugušas pie ribām.

Putnu plaušu bronhi un bronhiolas savienojas ar g a i s a m a i s i e m (*sacci celli*), kas atrodas ap iekšējiem orgāniem (sirdi, zarnām, aknām). Gaisa maisiem ir īpaši izaugumi, kas ieliecas garajos kaulos un tos pneimatizē. Gaisa maisu sienas ir ļoti plānas; tās sastāv tikai no serozas un gļotādas. Ieelpas laikā gaisa, izejot caur bronhiem un bronhiolām, piepilda arī gaisa maisus. Putnu organismā tie ir ieelpojamā gaisa rezervuārs, tādēļ ūdensputni, meklējot barību vai glābjoties no briesmām, var ilgi būt zem ūdens. Gaisa maisi piedalās arī ķermeņa normālā stāvokļa uzturēšanā telpā; atkarībā no viena vai otra gaisa maisa izplešanās vai saplākšanas putna ķermeņa smaguma centrs, putnam lidojot, var ļoti ātri pārvietoties uz dažādām ķermeņa daļām. Svarīga nozīme gaisa maisiem ir termoregulācijas procesos, jo tie pastiprina ventilāciju un palielina iztvaikošanas virsmu un līdz ar to pasargā putna ķermeni no pārkaršanas. Tā kā asinsvadu kapilāru tīkls gaisa maisu sienās ir vāji attīstīts, to nozīme gāzu apmaiņas procesā ir niecīga.

Putni ir ļoti jutīgi pret skābekļa trūkumu. Samazinoties skābekļa saturam apkārtējā gaisā par 1,5...2%, putniem iestājas aizdusa.

Ja ieelpojamā gaisā ievērojami pieaug ogļskābās gāzes koncentrācija, putniem elpošana nevis pātrinās, bet pārtraucas.

VIII. Vielu un enerģijas maiņa

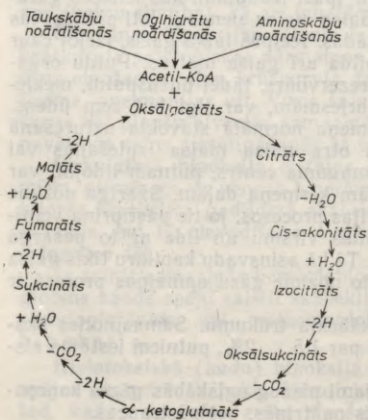
Organismā nepārtraukti notiekošā vielu un enerģijas maiņa ir ne tikai dzīvības izpausme, bet arī tās nepieciešams nosacījums.

Vielu maiņa sastāv no diviem pretējiem un savstarpēji saistītiem procesiem: asimilācijas (uzbūves) un disimilācijas (noārdīšanās). Vielu maiņas procesos organisms asimilē barības vielas, pakļauj tās sarežģītām ķīmiskām pārvērtībām un izmanto enerģētiskām un plastiskām (uzbūves) vajadzībām.

Vielu maiņa iedalāma trijos etapos:

- 1) dažādu organisko un neorganisko vielu iekļūšana organismā;
- 2) šo vielu pārmaiņas organismā;
- 3) vielu maiņas produktu izvadīšana no organisma.

Trikarbonskābju cikla shēma



Sajā nodaļā apskatītas tikai tās asimilācijas un disimilācijas parādības, kas norisinās šūnās, audos un orgānos, t. i., intermediārā vielu maiņa. Vielu maiņas sākuma un beigu etapi ir iztirzāti nodaļās, kur aprakstīta gremošana, elpošana un izdalīšana.

Vielu maiņas procesos nepārtraukti norisinās arī enerģijas pārvēršanās: sašķeloties dažādiem organiskiem savienojumiem, šo savienojumu potenciālā (ķīmiskā) enerģija pāriet citos enerģijas veidos, galvenokārt mehāniskajā un siltuma enerģijā. Vielu un enerģijas maiņa ir vienota procesa dažādas

izpaušmes, tikai studēšanas atvieglināšanai vielu un enerģijas maiņu iztīrāsīm atsevišķi.

Ogļhidrātu (heksožu), glicerīna, taukskābju un aminoskābju noārdīšanas kopējs starpprodukts ir acetilkoferments A (aktivizētā etiķskābe), kas tiek iekļauta trikarbonskābju ciklā (citronskābā ciklā). Acetil-KoA kopā ar oksālacetātu kondensējas līdz citrātam, kurš savukārt dekarboksilējoties un dehidrogenizējoties pārveršas dažādos starpproduktos (trikarbonskābēs).

OLBALTUMVIELU MAIŅA

OLBALTUMVIELU FIZIOLOĢISKĀ NOZĪME

Olbaltumvielām ir milzīga nozīme organisma dzīvības procesu norisēs. Tās ir galvenās un svarīgākās šūnu un starpšūnu veidojumu uzbūves vielas. Tieši olbaltumvielas nosaka visas svarīgākās dzīvības parādības: uzbudināmību, augšanu, vairošanos, muskuļu kontrakcijas u. c. Visi fermenti, bez kuriem nevar notikt vielu maiņas procesi, ir olbaltumvielu veidojumi. Arī dažiem hormoniem, kas pieder organismā funkcionālu regulēšanā, ir olbaltumvielu daba.

Olbaltumvielas organismā tiek izmantotas galvenokārt audu un orgānu uzbūvei, kā arī dažādu vielu, piemēram, fermentu, hormonu sintēzei, t. i., plastiskām vajadzībām. Bez tam olbaltumvielas var būt arī kā enerģijas avots, jo, oksidējoties organismā 1 g olbaltumvielu, atbrīvojas 4,1 kcal siltuma. Oksidējoties olbaltumvielām, organisms iegūst apmēram 12% vajadzīgās enerģijas.

OLBALTUMVIELU SASTĀVS

Olbaltumvielas ir sarežģīti slāpekli saturoši organiskie savienojumi ar lielu molekulmasu (17 000...100 000 un vēl lielāku).

Skābju, bāzu un proteolītisko fermentu ietekmē olbaltumvielas hidrolizējas, sašķeļoties līdz struktūras vienībām — aminoskābēm, kuru kopējais skaits >25. Aminokābes ir organiski savienojumi, kas satur aminogrupas ($-NH_2$) un karboksilgrupas ($-COOH$), tādēļ olbaltumvielas ir amfotēri savienojumi un reaģē kā skābes (sārmainos šķīdumos) vai kā bāzes (skābos šķīdumos).

Elementu saturs (%) olbaltumvielās

Ogleklis	50,6—54,5
Skābeklis	21,5—23,5
Ūdeņradis	6,5—7,3
Slāpeklis	15,0—17,6 (vidēji 16)
Sērs	0,3—2,5

Dažu olbaltumvielu sastāvā ietilpst arī citi elementi, piemēram, kazeīns satur fosforu, hemoglobīns — dzelzi, vairogdziedzera olbaltumviela — jodu, spalvu keratīns — silīciju, hemociānīns (gliemežu elpošanas pigments) — varu.

Visas olbaltumvielas iedala 2 grupās: vienkāršās un saliktās olbaltumvielās. Vienkāršās olbaltumvielas — proteīni sastāv tikai no aminoskābēm. Pie šīs grupas olbaltumvielām pieder albumīni, globulīni, protamīni, histoni, prolamīni, glutelīni un proteīnoidi. Salikto olbaltumvielu — proteīdu sastāvā bez aminoskābēm ietilpst vēl citi savienojumi (prostētiskās grupas), piemēram, nukleīnskābes, ogļhidrāti, fosforskābe u. c. Svarīgākās saliktās olbaltumvielas ir nukleoproteīdi, glikoproteīdi, fosfoproteīdi, hromoproteīdi un lipoproteīdi.

Ūdens šķīdumā olbaltumvielām ir koloīdu īpašības, ko nosaka olbaltumvielu molekulu lielie izmēri (0,001...0,1 μm), tādēļ olbaltumvielas netiek pakļautas difūzijai un dialīzei.

OLBALTUMVIELU SATURS AUDOS UN ORGĀNOS

Apmēram 20% no zīdītāju dzīvnieku ķermeņa masas ir olbaltumvielas, pie tam visos orgānos un audos, izņemot kaulaudus un taukaudus, olbaltumvielas sastāda lielāko daļu sausnes. Aptuveni 30...35% no visām ķermeņa olbaltumvielām atrodas šķērssvītrotajā muskulatūrā.

Noskaidrots, ka cilvēka ķermeņa sausnes sastāvā ietilpst apmēram 45% olbaltumvielu un to saturs dažādos orgānos un audos ir no 28% (kaulaudos) līdz 82...84% (liesā, aknās, plaušās) no šo orgānu sausnes masas.

17. tabula

Olbaltumvielu, tauku, minerālvielu un ūdens saturs dzīvnieku organismā

Dzīvnieks	Daudzums (%)			
	olbaltumvielas	tauki	minerālvielas	ūdens
Zirgs	17	17	4,5	60
Liellopi (nobaroti)	15	26	4,6	54
Aita	16	20	3,4	60
Cūka	15	24	2,8	58
Vista	21	19	3,2	56

OLBALTUMVIELU SPECIFISKUMS

Atsevišķas olbaltumvielas cita no citas atšķiras ar aminoskābju sastāvu, attiecīgo aminoskābju daudzumu un citām struktūras īpatnībām. Dažu olbaltumvielu sastāvā ietilpst vairāk nekā 20 dažādu aminoskābju.

Dažādu audu un orgānu olbaltumvielas nav vienādas. Atšķirīgas ir arī katras dzīvnieku sugas olbaltumvielas, t. i., katras sugas dzīvniekiem ir savas specifiskas olbaltumvielas.

Olbaltumvielu sašķelšana gremošanas traktā ne tikai nodrošina to uzsūkšanos, bet arī apgādā organismu ar nepieciešamajām aminoskābēm paša organisma specifisko olbaltumvielu sintēzei.

INTERMEDIĀRĀ OLBALTUMVIELU MAIŅA

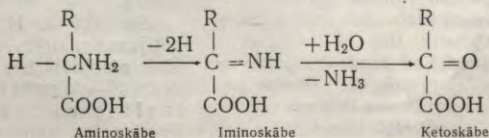
Aminoskābes, kas rodas, olbaltumvielām sadaloties, uzsūcas asinīs un ar tām nokļūst visos orgānos un audos, kur piedalās audu olbaltumvielu uzbūvē. Nelielā daudzumā asinīs uzsūcas arī polipeptīdi.

Lielāko daļu (apmēram 60%) uzsūkto aminoskābju aiztur aknas un izlieto dažādu olbaltumvielu sintēzei. Tā, piemēram, aknās veidojas asins plazmas proteīni (albumīni, globulīni un fibrinogēns). Tādēļ arī dažu aknu slimību, piemēram, hroniskās aknu cirozes gadījumā, kad ir pavājinātas aknu sintēzes funkcijas, asinīs samazinās albumīnu un fibrinogēna daudzums.

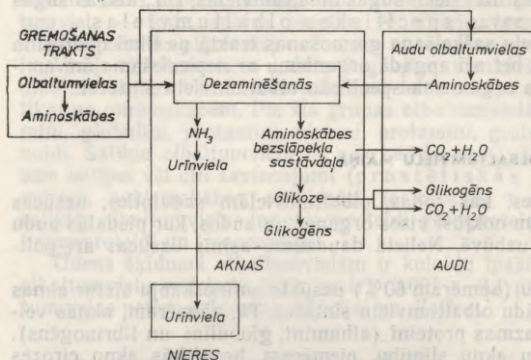
Organisma šūnas jaunu olbaltumvielu sintēzei izmanto ne tikai ar asinīm piegādātās aminoskābes, bet arī tās aminoskābes, kas rodas, sairstot olbaltumvielām pašās šūnās. Katrā ķermeņa šūnā atrodas proteolītiskie fermenti (audu proteāzes jeb katepsīni), kuri sašķel olbaltumvielas līdz aminoskābēm. Olbaltumvielu sintēze un sairstošana audos norisinās nepārtraukti. Ar iezīmētiem atomiem noskaidrots, ka puse organisma olbaltumvielu pilnīgi atjaunojas 6... 7 mēnešos. Visātrāk olbaltumvielu atjaunošanas process noris asins plazmā, aknās, nierēs un gremošanas gļotādā.

Aminoskābes, kas netiek izlietotas šūnu olbaltumvielu, hormonu, fermentu un citu specifisko vielu sintēzei, dezaminējas, t. i., atšķēloties aminogrupai ($-NH_2$), pārvēršas ketoskābē (pirovīnogskābē) vai oksiskābē (pienskābē). Dzīvnieku organismā aminoskābju dezaminēšanās ir saistīta arī ar to oksidēšanos, t. i., notiek aminoskābju oksidatīvā dezaminēšanās.

Visintensīvāk aminoskābju dezaminēšanās notiek aknās. Bez tam tās tiek dezaminētas arī nierēs un zarnu sienās. Noskaidrots, ka oksidatīvajai dezaminēšanai visvieglāk pakļaujas tās aminoskābes, kurām ir vienkāršāka uzbūve, turpretī sarežģītākas un arī fizioloģiskā ziņā svarīgākās aminoskābes, piemēram, cistīns, tirozīns, fenilalanīns, dezaminējas grūti.



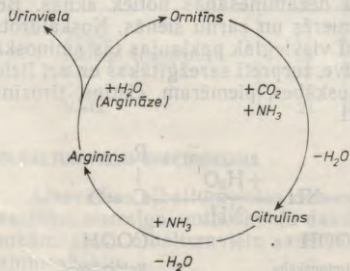
Olbaltumvielu maiņas shēma



Aminoskābes molekulas bezslāpekļa sastāvdaļa, izejot caur vairākām starpreakcijām, pārvēršas glikozē vai arī oksidējas līdz ogļskābajai gāzei un ūdenim, atbrīvojot noteiktu daudzumu enerģijas.

Amonjaks, kas veidojas aminoskābju dezaminēšanās procesā, ir toksiska viela; aknās tas tiek saistīts un pārvērsts organismam nekaitīgā urīnvielā, kas izdalās no organisma galvenokārt ar urīnu. Normālos apstākļos urīnvielas slāpekļa zīdītājiem sastāda apmēram 90% no visa urīna slāpekļa. Ja vielu maiņas traucējumu dēļ organismā uzkrājas daudz skābju, amonjaks piedalās skābju neitralizēšanā, veidojot amonija sāļus. Nelielā daudzumā amonjaks izdalās ar urīnu arī nesaistītā veidā. Pavājinoties urīnvielas sintēzes procesiem, piemēram, dažu aknu slimību gadījumā, amonjaka izdalīšanās ar urīnu pastiprinās.

Urīnvielas veidošanās shēma (pēc H. Krebsa)



Vispār jāatzīmē, ka aknām ir galvenā nozīme olbaltumvielu maiņā, tādēļ līdz ar aknu funkciju traucējumiem tiek stipri traucēta arī olbaltumvielu maiņa.

Saskaņā ar H. Krebsa pētījumiem urīnvielas sintēzē piedalās trīs aminoskābes — ornitīns, citrulīns un arginīns. Pievienojot amonjaku un

ogļskābo gāzi, ornitīns pārvēršas citrulīnā un pēc tam arginīnā. Arginīnam sašķeļoties, rodas urīnviela un ornitīns, kas atkal iekļaujas amonjaka saistīšanas reakcijā. Tādējādi urīnvielas veidošanās procesā ornitīns ir savdabīgs katalizators.

Slāpekļa maiņas galaproduktiem pieskaitāma arī urīnskābe, kreatinīns, hipurskābe un amīni (histamīns).

Urīnskābe zīdītājiem dzīvniekiem ir nukleotīdu maiņas galaprodukts. Putniem un rāpuļiem urīnskābe ir ne tikai nukleotīdu, bet arī olbaltumvielu maiņas galvenais galaprodukts. Eksperimentējot ar putniem, noskaidrots, ka urīnskābes veidošanās notiek aknās, kur tās saturs ir apmēram 0,1%.

Kreatinīns ir kreatīna anhidrīds un veidojas no kreatīnfosfāta (fosfagēna). Kreatīns atrodas galvenokārt muskuļaudos un sastopams tur brīvā veidā vai arī savienojumā ar fosforskābi — kreatīnfosfāta veidā. Kreatīnfosfātam ir svarīga nozīme muskuļu kontrakciju ķīmismā.

Hipurskābe veidojas no benzoscābes un glikokola. Sevišķi daudz hipurskābes veidojas zālējādu organismā, jo augu barības līdzekļos ir daudz tādu savienojumu, kas dzīvnieku organismā pārvēršas benzoscābē. Gaļēdājiem hipurskābe veidojas galvenokārt nierēs, bet citiem dzīvniekiem, kā arī cilvēkiem — galvenokārt aknās un mazāk — nierēs.

Olbaltumvielu maiņas galaproduktu izvadīšana no organisma notiek galvenokārt caur nierēm un mazāk arī caur sviedru dziedzeriem. Olbaltumvielu noārdīšanās produktu izvadīšanā no organisma zināma nozīme ir gremošanas trakta un aknu ekskretoriņai funkcijai.

NUKLEOPROTEĪDU MAIŅA

Nukleoproteīdi ietilpst šūnu kodolu sastāvā, un tiem ir svarīga nozīme šūnu dalīšanās un augšanas procesos.

Gremošanas traktā pepsīna un tripsīna ietekmē nukleoproteīdi sašķeļas līdz vienkāršajām olbaltumvielām un nukleīnskābēm. Olbaltumvielas pēc tam sašķeļas līdz aminoskābēm, bet nukleīnskābes fermentu nukleāzu ietekmē sadalās nukleotīdos. Savukārt nukleotīdi zarnu fosfatāzu ietekmē sašķeļas līdz fosforskābei un attiecīgam nukleozīdam. Nukleozīdi un nukleotīdi uzsūcas asinīs un tiek izlietoti šūnu nukleoproteīdu uzbūvei vai arī aktīvi piedalās dažādās vielu maiņas norisēs, piemēram, nukleotīdam adenīliskābei ir svarīga nozīme muskuļu ķīmiskajos procesos. Saskaņā ar jaunāko pētījumu datiem nukleīnskābēm, it īpaši ribonukleīnskābei, ir ļoti svarīga nozīme olbaltumvielu sintēzes procesos. Pastāv uzskats, ka ribonukleīnskābes molekula ir pamats, uz kura noteiktā kārtībā grupējas aminoskābju molekulas. Pēc tam atsevišķi peptīdi savstarpēji saistās un izveidotais polipeptīds atbrīvojas no ribonukleīnskābes.

Nukleoproteīdu maiņas traucējumi var izraisīt podagru, kam raksturīga slikti šķīstošo urīnskābes sāļu kristālu (urātu) nogulsnēšanās skrimšļos, saišu makstīs, locītavu gļotu maisiņos un dažreiz arī nierēs, ādā un muskuļos. Visbiežāk urīnskābes sāļi nogulsnējas ekstremitāšu locītavu skrimšļos un gļotu maisiņos, veidojot t. s. podagriskos mezglus, kas izraisa sāpīgus iekaisuma procesus un locītavu deformācijas.

OLBALTUMVIELU BIOLOĢISKĀ VĒRTĪBA

Olbaltumvielu maiņas un līdz ar to visu organisma funkciju normālai norisei organismā nepieciešams noteikts aminoskābju sastāvs. Noskaidrots, ka daudzas aminoskābes organismā var sintezēties no citām aminoskābēm (transaminējoties) vai pat arī no bezslāpekļa vielām un amonjaka. Sādu aminoskābju uzņemšana ar barību nav nepieciešama, un tās dēvē par aizvietojamām aminoskābēm. Aminoskābes, kuras organismā netiek sintezētas, sauc par neaizvietojamām aminoskābēm, un tās obligāti jāuzņem ar barību. Neaizvietojamās aminoskābes ir šādas:

Arginīns	Metionīns
Histidīns	Fenilalanīns
Leicīns	Treonīns
Izoleicīns	Triptofāns
Lizīns	Valīns

Ja barībā trūkst kādas no neaizvietojamām aminoskābēm, organismā tiek traucēti olbaltumvielu sintēzes un līdz ar to šūnu atjaunošanas un augšanas procesi, iestājas anēmija, samazinās ķermeņa masa, palielinās dažādu ādas veidojumu, piemēram, matu un nagu augšana. Jauniem, augošiem organismiem augšana apstājas.

Atgremotājiem visas neaizvietojamās aminoskābes spēj sintezēt priekškuņģu baktērijas, izmantojot šim nolūkam citu aminoskābju vai pat amīdu (urīnvielas) slāpekli. Kā redzams no 18. tabulas datiem, sakarā ar aminoskābju sintēzi priekškuņģos aitas ar urīnu un izkārnījumiem izdala ievērojami vairāk neaizvietojamu aminoskābju nekā uzņem ar barību.

Dažādu olbaltumvielu sastāvā ietilpst dažādas aminoskābes dažādās attiecībās. Olbaltumvielas, kurās ir visas neaizvietojamās aminoskābes, sauc par pilnvērtīgām, bet olbaltumvielas, kuras nesatur visas neaizvietojamās aminoskābes, — par nepilnvērtīgām olbaltumvielām.

Organisms vispilnīgāk izmanto tās barības olbaltumvielas, kurās aminoskābju sastāva proporcija ir visatbilstošākā organisma olbaltumvielu sintēzei. Tādēļ arī dažādu olbaltumvielu daudzumi, kuri nepieciešami organisma augšanas un visu pārējo funkciju normālām norisēm, ir dažādi, t. i., dažādu olbaltumvielu bioloģiskā vērtība, kas atkarīga no aminoskābju sastāva, ir dažāda.

Neaizvietoājamo aminoskābju maiņa aitas organismā (pēc Losli)

Aminoskābe	Uzņemts diennaktī ar barību (g)	Izdalīts diennaktī (g)		
		ar urīnu	ar izkārnījumiem	kopā
Arginīns	0,19	0,48	0,06	0,54
Histidīns	0,05	0,18	0,02	0,20
Izoleicīns	0,00	0,52	0,06	0,58
Leicīns	0,15	0,61	0,08	0,69
Lizīns	0,24	0,71	0,12	0,83
Metionīns	0,03	0,21	0,02	0,23
Fenilalanīns	0,05	0,48	0,04	0,52
Treonīns	0,07	0,67	0,06	0,73
Triptofāns	0,01	0,13	0,01	0,14
Valīns	0,14	0,69	0,08	0,77

Olbaltumvielu bioloģisko vērtību aprēķina, nosakot organisma olbaltumvielu daudzumu, kas veidojas no 100 g barības olbaltumvielu. Augsta bioloģiskā vērtība (70...95%) ir dzīvnieku valsts produktu (piena, olu, gaļas) olbaltumvielām. Vairumam augu valsts produktu olbaltumvielu ir relatīvi zema bioloģiskā vērtība (60...65%). Maza bioloģiska vērtība ir arī tādai dzīvnieku valsts olbaltumvielai kā želatīnam, kas nesatur triptofānu, tādēļ tas pieskaitāms pie nepilnvērtīgajām olbaltumvielām. (Želatīnā nav arī tirozīna un cistīna.)

Barības olbaltumvielu bioloģiskā vērtība atkarībā no dzīvnieku sugas, organisma fizioloģiskā stāvokļa, iepriekšējā barības režīma, individuālajām īpatnībām un citiem faktoriem var nedaudz mainīties.

Svarīgi, lai organisms pastāvīgi uzņemtu pilnvērtīgas olbaltumvielas, jo no tām organisms var brīvi sintezēt savas specifiskās olbaltumvielas. Tomēr pilnvērtīgu olbaltumvielu var aizvietot ar divām vai vairākām nepilnvērtīgām olbaltumvielām, ja aminoskābes, kuru trūkst kādā vienā olbaltumvielā, atrodas citā olbaltumvielā. Šīs nepilnvērtīgās olbaltumvielas, cita citu papildinot, kopsummā satur visas nepieciešamās aminoskābes. Lai nodrošinātu dzīvnieka organismu ar visām nepieciešamajām aminoskābēm, barības līdzekļu izvēlē jāievēro pēc iespējas lielāka dažādība.

Pietiekams pilnvērtīgo olbaltumvielu saturs barībā ir sevišķi nepieciešams augošiem un grūsniem dzīvniekiem, kā arī dzīvniekiem laktācijas periodā, jo tad organismā notiek pastiprināta olbaltumvielu sintēze.

SLĀPEKĻA MAIŅAS BILANCE

Olbaltumvielu maiņas pētīšanu atviegļina tas apstākļi, ka visas olbaltumvielas satur slāpekli — ar pie tam noteiktā daudzumā (14...19%). Vidēji olbaltumvielās ir 16% slāpekļa, tādēļ

organismā sairstošo olbaltumvielu daudzumu var aprēķināt, nosakot ar urīnu izvadītā slāpekļa daudzumu un pareizinot to ar koeficientu 6,25 ($100:16=6,25$). Tas slāpekļa daudzums, kas tiek zaudēts ar sviedriem un ādas virsējās kārtas šūnām, kuras nolobās, kā arī matu un nagu augšanai patērētais slāpekļa daudzums ir samērā niecīgs, tādēļ to aprēķinos parasti neņem vērā.

Līdzīgi var aprēķināt organismā uzņemto olbaltumvielu daudzumu, nosakot slāpekļa daudzumu patērētajā barībā. Jāpiezīmē, ka organisms neasimilē visu ar barību uzņemto slāpekli un attiecīgu tā daļu izdala ar izkārnījumiem; nosakot slāpekļa daudzumu izkārnījumos un atņemot to no apēstās barības slāpekļa daudzuma, var uzzināt isto asimilētā slāpekļa daudzumu.

Tātad, nosakot slāpekļa bilanci, t. i., attiecību starp organismā uzņemtā un ar ekskretiem izvadītā slāpekļa daudzumu, var zināmā mērā raksturot arī olbaltumvielu maiņu organismā. Jāievēro vēl tas, ka urīnā nokļūst arī barības amīdu slāpekļi, jo amīdu sairšanas rezultātā organismā veidojas amonjaks, kas pāriet urīnvielā. Samērā daudz amīdu ir zālēdāju barībā. Zālēdāji, it sevišķi atgremotāji, amīdu slāpekli spēj asimilēt tikpat labi kā olbaltumvielu slāpekli, tādēļ, novērtējot barību, ko izēdina zālēdājiem, jānosaka ne tikai olbaltumvielu saturs tajā, bet arī citu slāpekli saturošo savienojumu daudzums.

Organisma augšanas laikā, kad pastiprināti tiek asimilētas olbaltumvielas, ar barību uzņemtā slāpekļa daudzums ir lielāks par izvadītā slāpekļa daudzumu, jo barības slāpekļi tiek aizturēti organismā olbaltumvielu slāpekļa veidā. Šādu slāpekļa maiņas stāvokli sauc par pozitīvo slāpekļa bilanci jeb slāpekļa aizturi (slāpekļa retenci). Pieaugušiem organismiem pozitīvā slāpekļa bilance novērojama pēc pārciestas novārdzinošas slimības vai arī pēc ilgstošas badošanās, kad barības olbaltumvielas tiek patērētas novājējušo audu un orgānu atjaunošanai, kā arī grūsnības periodā, pastiprināta treniņa laikā, aitam pēc vilnas cirpšanas (vilnas pastiprinātas augšanas laikā) utt.

Ja organisms slāpekli izdala lielākā daudzumā, nekā tas tiek uzņemts ar barību, tad organismam ir negatīvā slāpekļa bilance, kas parasti novērojama badošanās vai smagas infekcijas slimības laikā, kā arī nepietiekami barotiem un smagā darbā nodarbinātiem dzīvniekiem. Negatīvā slāpekļa bilance var iestāties arī tad, ja ir traucēti uzsūkšanās procesi gremošanas traktā vai arī nefrozu, hronisko nefritu, vairogdziedzera hiperfunkcijas un citos gadījumos. Negatīvā slāpekļa bilance rāda, ka olbaltumvielu sairšanas procesi organisma audos ir pārsvarā pār tā sintēzes procesiem. Ilgstoša negatīvā slāpekļa bilance rada stipru novājēšanu un var izraisīt pat organisma nāvi.

Stāvokli, kad izvadītā slāpekļa daudzums ir vienāds ar uzņemtā slāpekļa daudzumu, sauc par slāpekļa līdzsvaru. Slāpekļa līdzsvars saglabājas arī tad, ja dzīvniekam izēdina vairāk olbaltumvielu, nekā tas ir nepieciešams visām organisma vajadzī-

bām. Tad slāpekļis pastiprināti izdalās ar urīnu, un tas norāda, ka organisms neuzkrāj olbaltumvielu rezervi. (Neliela olbaltumvielu rezerve var veidoties tikai aknās.) Uzņemto olbaltumvielu pārpalikums organismā dezaminējas, un to aminoskābju bezslāpekļa sastāvdaļas tiek izlietotas kā enerģētiskais materiāls vai arī tās piedalās glikogēna un tauku sintēzē.

Palielinot ar barību uzņemtā slāpekļa daudzumu, sākumā novērojama neliela slāpekļa aizture organismā, bet jau pēc dažām dienām no jauna iestājas slāpekļa līdzsvars, tikai augstākā līmenī. Samazinot slāpekļa daudzumu izēdinātajā barībā (ja tikai šis daudzums nepaliek mazāks par minimālo), pirmajās dienās novērojama negatīva slāpekļa bilance, ko nomaina slāpekļa līdzsvars, bet jau zemākā līmenī.

OLBALTUMVIELU NORMAS BARĪBĀ

Minimālo barības olbaltumvielu daudzumu, kāds ir nepieciešams, lai iestātos slāpekļa līdzsvars, sauc par olbaltumvielu minimumu. (Visas organisma enerģētiskās vajadzības šajā gadījumā jānodrošina ogļhidrātiem un taukiem.) Ja barības rācijā nav šī olbaltumvielu minimuma, slāpekļa bilance kļūst negatīva.

Mājdzīvniekiem ir noteikts olbaltumvielu minimums: aītām, cūkām un suņiem — 1 g olbaltumvielu, zirgiem — 0,7...0,8 g un govīm — 0,6 g olbaltumvielu uz 1 kg dzīvmasas. Jāņem tomēr vērā, ka, nosakot olbaltumvielu normas rācijā, nav ieteicams vadīties pēc minimālajām olbaltumvielu vajadzībām. Barībā vienmēr ir nepieciešama attiecīga olbaltumvielu rezerve — olbaltumvielu optimums, kuru organisms var izmantot, ja pastiprinās fizioloģiskās funkcijas.

Cilvēka uzturā diennaktī jābūt ne mazāk par 1 g olbaltumvielu un 1 kg ķermeņa masas. Uzskata, ka 100...118 g olbaltumvielu diennaktī pieaugušam cilvēkam pilnīgi apmierina visas organisma vajadzības. Ja cilvēks strādā smagu fizisku darbu, olbaltumvielu norma jāpalielina līdz 150...160 g.

OLBALTUMVIELU BADS

Ja barībā nav olbaltumvielu vai arī ja to daudzums ir nepietiekams, vai uzņemtās olbaltumvielas ir nepilnvērtīgas, rodas olbaltumvielu bads. Olbaltumvielu bada gadījumā tiek iztērētas audu struktūras olbaltumvielas (sevišķi daudz olbaltumvielu zaudē aknas), pazeminās vielu pamatmaiņa, iestājas stipra novājēšana, pazeminās ķermeņa temperatūra, rodas krasi izteikti vielu maiņas traucējumi, strauji samazinās dzīvnieku produktivitāte. Sevišķi stipri no olbaltumvielu bada cieš augoši organismi, kuriem apstājas arī augšana.

Olbaltumvielu badam turpinoties, pastiprināti sāk sairt audu olbaltumvielas. Arī asinis samazinās olbaltumvielu daudzums, t. i., iestājas hipoproteīnēmija, kas var izraisīt tūskas (bada tūskas).

Olbaltumvielu bada simptomi nav tik krasi izteikti, ja dzīvniekam izēdina lielā daudzumā ogļhidrātus un taukus. Tomēr tie nevar pilnīgi aizstāt olbaltumvielas, un ilgstošais olbaltumvielu bads galarezultātā izraisa nāvi.

OLBALTUMVIELU MAIŅAS REGULĀCIJA

Starpšmadzenēs (hipotalāmiskā apvidū) atrodas nervu centrs, kas regulē olbaltumvielu maiņu. Eksperimenti un arī klīniskie novērojumi rāda, ka hipotalāmiskā apvidus bojājumi izraisa olbaltumvielu pastiprinātu noārdīšanos visos organisma audos. Sajā gadījumā pat olbaltumvielu uzņemšana lielākā daudzumā ar barību nespēj kompensēt audu olbaltumvielu sairšanu.

Centrālā nervu sistēma regulē olbaltumvielu maiņu ar hormonu starpniecību, t. i., mainot iekšējās sekrēcijas dziedzeru darbību. Noskaidrots, ka vairogdziedzera hormons tiroksīns pastiprina olbaltumvielu maiņas intensitāti. Hipofīzes augšanas hormons un aizkuņģa dziedzerā hormons insulīns stimulē olbaltumvielu sintēzes procesus. Virsnieru garozas slāņa hormoni pastiprina olbaltumvielu sairšanu.

OGĻHIDRĀTU MAIŅA

OGĻHIDRĀTU FIZIOLOĢISKĀ NOZĪME

Ogļhidrātiem organismā ir kā enerģētiska, tā arī plastiska nozīme. Ogļhidrāti ietilpst sarežģītu ķīmisko savienojumu, to skaitā arī salikto olbaltumvielu, piemēram, glikoproteīdu, nukleoproteīdu sastāvā, tādēļ tiem ir svarīga nozīme dažādu šūnu un starpšūnu vielu uzbūvē. Tomēr galvenā ogļhidrātu nozīme ir kā enerģētiskam materiālam. Ogļhidrātiem šķeļoties, atbrīvojas to potenciālā ķīmiskā enerģija, kas tiek izlietota dažādu organisma funkciju uzturēšanai. Ogļhidrātu enerģētiskā nozīme ir ļoti svarīga, jo tie ātri oksidējas un ļoti intensīvi «mobilizējas», t. i., ātri izklūst no sava depo. Tādēļ arī gadījumos, kad organismam rodas liels enerģijas patēriņš, piemēram, emocionālā uzbudinājumā (dusmās, bailēs, sāpēs) un smagā muskuļu darbā, ogļhidrātus var izlietot maksimālā daudzumā.

Ogļhidrātiem ļoti liela nozīme ir muskuļu kontrakciju ķīmismā, jo tie ir galvenie muskuļu darbā patērējamās enerģijas avoti. Sva-

rīga nozīme ogļhidrātiem ir vielu maiņas procesos centrālajā nervu sistēmā. Tie ļoti nepieciešami arī normālām tauku un olbaltumvielu oksidēšanās norisēm. Samazinoties ogļhidrātu daudzumam asinīs, rodas muskuļu vājums, noguruma sajūta un pazeminās ķermeņa temperatūra. Ja ogļhidrātu saturs asinīs turpina samazināties, var iestāties veģetatīvo funkciju traucējumi, samaņas zudums, krampji un citas patoloģiskas parādības.

OGĻHIDRĀTU SATURS ORGANISMĀ

Galvenie organisma ogļhidrāti ir glikoze, kas cirkulē asinīs, un glikogēns (polisaharīds), kas nogulsņēties dažādos orgānos un audos, veidojot ogļhidrātu rezervi. Laktācijas periodā piena dziedzeros veidojas piena cukurs — laktoze. Ogļhidrātu intermedijārā maiņā piedalās arī fruktoze, fosforilizētas pentozes (riboze), triozes (glicerīnaldehīda fosfāts) un daži citi ogļhidrāti.

Kaut gan ogļhidrātiem ir svarīga fizioloģiska nozīme, to saturs organismā sastāda tikai apmēram 2% no ķermeņa sausnes masas. Dažādos orgānos un audos ogļhidrātu procentuālais saturs ir dažāds: visvairāk ogļhidrātu (glikogēna) ir aknās — 2...8% no aknu audu masas. Uzņemot ar barību lielus ogļhidrātu daudzumus, glikogēna saturs aknās var pārsniegt 10%, bet badošanās laikā tas kļūst mazāks par 1% no aknu masas. Skeleta muskuļos ir 0,5...1% glikogēna, smadzenēs — apmēram 0,15%.

Sunim skeleta muskuļos ir 44%, aknās — 38%, kaulos — 9%, ādā — 4%, kuņģa un zarnu sienās — 4%, sirds muskulī — 0,2%, smadzenēs — 0,1% un asinīs — 0,05% no visa organisma glikogēna daudzuma.

Cukura (glikozes) koncentrācija asinīs dažādu sugu dzīvniekiem un cilvēkam (mg/100 g)

Govij	40—60
Aitai	30—50
Kazai	45—60
Cūkai	45—75
Zīrgam	55—95
Sunim	60—80
Vistai	130—260
Cilvēkam	80—120

(vidēji 100)

Glikozes koncentrācija asinīs ir samērā pastāvīga un atkarīga no diviem nepārtrauktiem procesiem — glikozes patērēšanas audos (glikozes pāriešanas no asinīm audos) un tās izkļūšanas no aknām asinīs. Glikozes pastāvīgas koncentrācijas saglabāšanai asinīs svarīga nozīme ir aknām; pēc aknu izoperēšanas iestājas krasi izteiktā hipoglikēmija (glikozes koncentrācijas samazināšanās

asinīs). Hipoglikēmija rodas arī badošanās laikā, kā arī muskuļu ilgstošas piepūles laikā.

Glikozes koncentrācijas paaugstināšanos asinīs sauc par hiperglikēmiju. Glikozes saturs pieaugums asinīs var rasties, ja ar barību ogļhidrāti ir uzņemti lielākā daudzumā, gremošanas traktā tie ātri sašķeļas un uzsūcas. Uzsūktie cukuri nespēj tik ātri pārvērsties glikogēnā, tādēļ iestājas alimentārā hiperglikēmija. Krasi izteiktā hiperglikēmija rodas cukurslimības (*diabetes mellitus*) gadījumā, kad glikozes koncentrācija cilvēka asinīs var pārsniegt 500 mg/100 g. Sakarā ar hiperglikēmiju var iestāties glikozūrija (glikozes pāriešana urinā). Cilvēkam glikozūrija iestājas tad, kad glikozes daudzums 100 g asins pārsniedz 150... 180 mg.

INTERMEDIĀRĀ OGĻHIDRĀTU MAIŅA

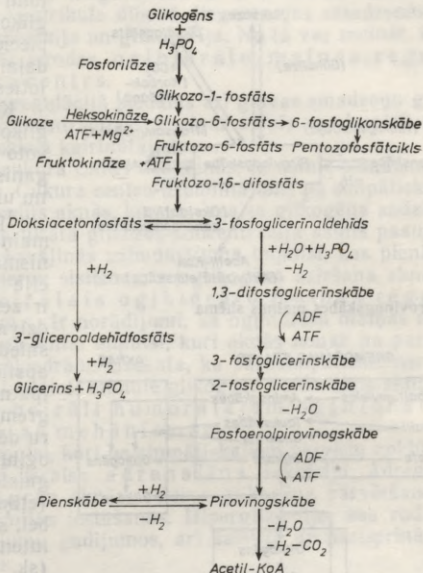
Gremošanas traktā ogļhidrāti uzsūcas heksožu (galvenokārt glikozes), kā arī pentožu, t. i., monosaharīdu veidā. Organismā tie var veidoties arī no olbaltumvielām un taukiem, kas it sevišķi intensīvi notiek badošanās laikā vai arī tad, kad ogļhidrāti tiek uzņemti ar barību nepietiekamā daudzumā.

Uzsūktie monosaharīdi vispirms nonāk aknās. Aknās daļa monosaharīdu pārvēršas glikogēnā, bet daļa uzsūkto monosaharīdu, izejot caur aknām, nonāk cirkulējošās asinīs. No asinīm glikoze nokļūst visu audu šūnās, kur oksidējas, dodot audu un orgānu funkcijām nepieciešamo enerģiju, vai arī iekļaujas glikogēna vai citu savienojumu, piemēram, tauku un salikto olbaltumvielu sintēzē. Dažādi orgāni glikozi no caurtekošām asinīm aiztur dažādi. Tā, piemēram, E. Londons konstatējis, ka smadzenes aiztur 12%, zarnu trakts — 9%, muskuļi — 7% un nieres — 5% asins glikozes.

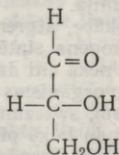
Ja asinīs glikozes saturs pazeminās zem normāla, attiecīgs glikozes daudzums tūlīt pārvietojas no aknām asinīs glikogēna sadalīšanās (glikogenolīzes) rezultātā. Sākumā glikogēns fermenta fosforilāzes ietekmē sašķeļas līdz glikozofosfātam, kas savukārt fermenta fosfatāzes ietekmē sadalās līdz glikozei un fosforskābei. Abu minēto fermentu darbība ir apgriezeniska, t. i., fosfatāzes ietekmē notiek arī glikozofosfāta sintēze no glikozes un fosforskābes un fosforilāzes ietekmē — glikogēna veidošanās no glikofosfātiem (glikogēnēze). Šāds glikogēna sadalīšanās un sintēzes mehānisms notiek ne tikai aknās, bet arī citos orgānos un audos.

Ogļhidrātu noārdīšanās organismā sākumā notiek anaerobos (glikolīze) un pēc tam aerobos apstākļos, kad ogļhidrātu noārdīšanas starpprodukti oksidējas līdz ogļskābajai gāzei un ūdenim.

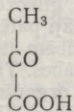
Glikolizes shēma



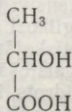
Galvenie glikolizes starpprodukti ir glicerīnaldehīds, pīrovīnogskābe un pienskābe.



Glicerīnaldehīds



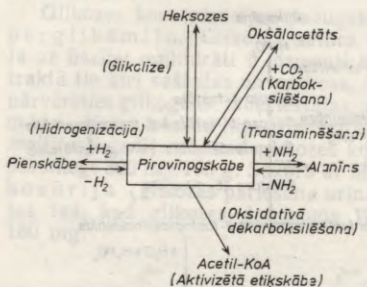
Pīrovīnogskābe



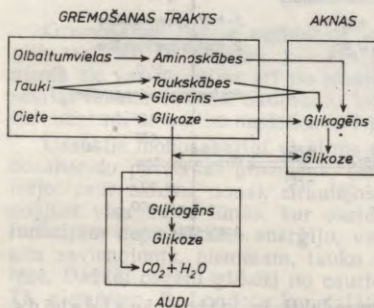
Pienskābe
(oksi-propionskābe)

Ogļhidrātu noārdīšanās procesā var veidoties arī daudzas citas vielas, piemēram, dzintarskābe ($\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$), fumārskābe ($\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$), ābolskābe ($\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$), oksāletīkskābe ($\text{HOOC}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$), etiķskābe (CH_3-COOH) u. c.

Ogļhidrātu maiņas shēma



Pirovīnogskābes maiņas shēma



Muskuļos šie savienojumi var resintezēties par glikozi. Sai resintēzei nepieciešamā enerģija rodas, daļai savienojumu oksidējoties.

Kā oksidēšanās, tā arī glikolīzes procesos atbrīvoto ķīmisko enerģiju organisms var izlietot orgānu un audu darbā.

Ipatnēja ogļhidrātu maiņa ir atgremotāju organismā. Glikozes koncentrācija asinīs atgremotājiem ir zemāka nekā citu sugu dzīvniekiem un nepārsniedz 60 mg/100 g. Šis apstāklis izskaidrojams ar īpatnējiem atgremotāju gremošanas procesiem, kuru dēļ gandrīz visi barības ogļhidrāti tiek sašķelti līdz gaistošām taukskābēm (etiķskābei, propionskābei, sviestskābei u. c.), kas intensīvi uzsūcas asinīs (sk. «Gremošanas process atgremotāju kuņģī» 46. lpp.).

Aītai diennaktī gremošanas traktā uzsūcas ne vairāk kā 5 g glikozes (V. Ņikitins, 1953). Tādēļ arī atgremotājiem nekad nav novērojama alimentārā hiperglikēmija.

Gaistošās taukskābes, it sevišķi propionskābe, atgremotāju organismā intensīvi iekļaujas glikozes un glikogēna sintēzē. Āsinīs cirkulējošo glikozi atgremotāji patērē mazāk nekā citi dzīvnieki, jo audu enerģētiskajām vajadzībām atgremotāju organisms ļoti intensīvi izlieto gaistošās taukskābes. Tā, piemēram, ar iezīmētiem atomiem noskaidrots, ka kazas organismā 6 stundu laikā pilnīgi oksidējas 80% ievadītās etiķskābes (G. Popjaks, T. Frenčs, S. Follī, 1951).

OGĻHIDRĀTU MAIŅAS REGULĀCIJA

Galvenā loma ogļhidrātu maiņas regulācijā ir nervu sistēmai. Ogļhidrātu maiņu tā ietekmē tieši un netieši, t. i., ar iekšējās sekrēcijas dziedzeru starpniecību.

Nervu sistēmas iedarbību uz ogļhidrātu maiņu pirmais konstatēja Klods Bernārs (1885) mēģinājumā ar t. s. cukura dūrienu. Iedurot IV smadzeņu ventrikula dibenā (iegarenajās smadzenēs), rodas pārejoša hiperglikēmija un glikozūrija. No tā var secināt, ka iegarenajās smadzenēs atrodas ogļhidrātu maiņas regulācijas jeb cukura centrs.

Ogļhidrātu maiņas regulācijā piedalās arī galvas smadzeņu garoza. Tādēļ glikozes koncentrācijas izmaiņas asinīs var izraisīt ar nosacījuma reflektoriskiem kairinātājiem.

Galvas smadzeņu cukura centri uzbudinās, ja asinīs samazinās glikozes koncentrācija. Cukura centru uzbudinājums pa simpātiskajiem nerviem tiek novadīts aknās, kur tas izraisa glikogēna sadalīšanos līdz glikozei. Rezultātā glikozes koncentrācija asinīs paaugstinās un reizē ar to pavājinās uzbudinājuma impulsi, kas pienāk aknām no centrālās nervu sistēmas, un glikogēna sairšana aknās pārtraucas. Tas ir neirālais ogļhidrātu maiņas regulācijas mehānisms. Ir norādījumi, ka ogļhidrātu maiņas regulācijā piedalās arī eferentie impulsi, kuri aknās nonāk pa parasimpātiskajiem nervu šķiedrām. Uzskata, ka parasimpātiskie nervi satur nervu šķiedras, kas tieši stimulē glikogēna veidošanos aknās.

Svarīga nozīme ir neirāli humorālajam ogļhidrātu maiņas regulācijas mehānismam.

Nervu eferentie impulsi, kuri pa simpātiskajiem nerviem nokļūst virsnieru serdes slānī, izraisa adrenalīna sekrēciju. Adrenalīns, nonākdams ar asinīm aknās, veicina glikogēna pārvēršanos glikozē un hiperglikēmijas iestāšanos. Hiperglikēmija, kas rodas emocionālo uzbudinājumu gadījumos, arī saistīta ar pastiprinātu adrenalīna produkciju.

LIPĪDU MAIŅA

LIPĪDU KLASIFIKĀCIJA

Pēc ķīmiskās struktūras lipīdus iedala vairākās grupās.

1. **Vienkāršie lipīdi** — taukskābju un dažādu spirtu esteri:

1) tauki (glicerīdi) — taukskābju un glicerīna esteri;

2) sterīdi — taukskābju un ciklisko spirtu (sterīnu) esteri.

Dzīvnieku organismā svarīgākie sterīdu pārstāvji ir holesterīdi, kas sastāv no holesterīna un taukskābēm.

2. **Saliktie lipīdi** — taukskābju un spirtu esteri, kas satur vēl dažādus papildu savienojumus. Pie saliktajiem lipīdiem pieder

1) fosfatīdi jeb fosfolipīdi, kuru sastāvā bez taukskābēm un spirtiem ietilpst vēl fosforskābe un slāpekli saturošas bāzes, piemēram, holīns, kā arī etilamīns. No fosfolipīdiem var minēt lecītinus (holīnfosfatīdi), kefalīnus (kolamīnfosfatīdi) un sfingomielīnus (sfingofosfatīdi);

2) cerebrozīdi jeb galaktozīdi, kas sastāv no spirta sfingozīna, taukskābēm un ogļhidrāta galaktozes.

Pastāv arī lipīdu iedalījums taukos un lipoīdos (taukiem līdzīgās vielās). Pie lipoīdiem pieskaita visus saliktos lipīdus (fosfatīdus un cerebrozīdus), kā arī sterīdus.

LIPĪDU SATURS ORGANISMĀ

Izšķir šūnu citoplazmas struktūras jeb citoplazmas lipīdus un rezerves taukus, kas nogulsnēti taukaudos.

Šūnu citoplazmas lipīdi ir sastopami ikvienas šūnas citoplazmā. To daudzums ir ļoti pastāvīgs un nemainās pat patoloģiskās apstākļos un badošanās gadījumā. Citoplazmas lipīdi sastāv galvenokārt no lipoīdiem, kas daļēji saistīti ar olbaltumvielām nestabilu savienojumu — lipoproteīdu veidā. Lipoīdi atrodas visā šūnas citoplazmā un piedalās arī šūnapvalka veidošanā, nosakot tā caurlaidības īpatnības. Daudz lipoīdu, it sevišķi cerebrozīdu un holesterīna ir smadzenēs. Tā, piemēram, lipoīdi (galvenokārt cerebrozīdi) sastāda apmēram 50% no galvas un muguras smadzeņu sausnes. Fosfatīdus bagātīgi satur sirds un aknas. Ļoti daudz lipoīdu (galvenokārt lecitīna) ir olas dzeltenumā, kur to saturs sastāda gandrīz 10% no svaiga produkta masas.

Organisma rezerves tauki ir dažādu taukskābju (galvenokārt stearīnskābes, palmitīnskābes, oleīnskābes, miristīnskābes, laurīnskābes, kaprīnskābes, kaprilskābes, kapronskābes, kā arī sviestskābes) triglicerīdi. Rezerves tauki visvairāk uzkrājas zemādas saistaudos (apmēram 50% no visa organisma rezerves tauku daudzuma), kā arī taukplēvē, apzarnī, ap nierēm (nieres kapsulā), muskuļu saistaudos un dažās citās ķermeņa daļās. Kopējais rezerves tauku daudzums organismā sastāda 10...20% no ķermeņa masas. Dzīvniekus, piemēram, cūkas, nobarojot, rezerves tauku krājums var sasniegt pat 50% no ķermeņa masas. Rezerves tauku daudzums ir atkarīgs ne tikai no ēdināšanas faktoriem, bet arī no organisma konstitucionālajām īpatnībām, dzimuma, vecuma un citiem faktoriem. Badošanās laikā tiek izlietoti gandrīz visi (98%) rezerves tauki.

TAUKU BIOĻĢISKĀ NOZĪME

Tauki, tāpat kā ogļhidrāti, ir enerģijas materiāls. Potenciālās ķīmiskās enerģijas taukos ir vairāk nekā ogļhidrātos vai olbaltumvielās. Tā, piemēram, oksidējoties 1 g tauku, atbrivojas 9,3 kcal siltuma, turpretī tāds pats ogļhidrātu vai olbaltumvielu daudzums, oksidējoties organismā, izdala tikai 4,1 kcal siltuma.

Rezerves tauki ir svarīgs organisma enerģijas avots, kas tiek mobilizēts tad, kad organisms patērē vairāk enerģijas, nekā tas uzņem. Zemādas tauki noder ne tikai kā rezerves tauki, bet arī ir labs siltuma izolators, it sevišķi auksto jūru siltasiņu dzīvniekiem. Tā, piemēram, Antarktīdas lielajām valzivīm zemādas tauku biežums ir 50...70 cm.

Taukaudi fiksē iekšējos orgānus, piemēram, nieres, zarnas, un pasargā tos no mehāniskiem triecieniem. Ādas tauku dziedzeru tauki noder kā laba ziede, kas pasargā ādu no izžūšanas un saplaisāšanas, kā arī no liekas macerācijas, ādai nonākot saskarē ar ūdeni.

Tauki ir arī dažu biokīmiski aktīvu vielu, piemēram, taukos šķīstošo vitamīnu šķīdinātāji.

Dažas nepiesātinātās taukskābes (linolskābe, linolēnskābe un arahidīnskābe) netiek sintezētas augstāko dzīvnieku un cilvēka organismā, tādēļ tās sauc par neaizvietojamām taukskābēm. Ja dzīvniekam ilgstoši izēdina barību, kas nemaz nesatur taukus vai arī satur tos ļoti niecīgā daudzumā, tad var iestāties dažādas patoloģiskas parādības, piemēram, hroniski ādas iekaisumi, ādas nekroze un pat organisma nāve.

INTERMEDIĀRĀ TĀUKU MAIŅA

Ar barību uzņemtie tauki gremošanas traktā sašķeļas glicerīnā un taukskābēs. Zarnu gļotādā glicerīns un taukskābes no jauna sintezējas par taukiem, kuri nonāk limfā un daļēji (apmēram 30%) vārtu vēnas kapilārū asinīs. Neliels tauku daudzums tievajās zarnās var uzsūkties arī nesašķeltā veidā, t. i., emulsijas veidā.

Gandrīz visi tauki, kas no zarnām iekļūst vārtu vēnas asinīs, paliek aknās, turpretī tie tauki, kuri iekļuvuši limfā, tikai daļēji nogulsnējas aknās un, nokļūstot pa krūšu limfvadu asinsrites sistēmā, cirkulē asinīs, no kurām pāriet audos.

Lietojot iezīmētos atomus, noskaidrots, ka no gremošanas trakta uzsūktie un asinsrites sistēmā nokļuvušie tauki no asinīm vispirms pāriet taukaudos, tur paliek 3...5 dienas un tikai pēc tam pakāpeniski nonāk atpakaļ asinīs un tiek izlietoti dažādu audu enerģētiskajām un sintēzes vajadzībām, t. i., oksidējas līdz CO_2 un H_2O un atbrīvo audu funkcijām nepieciešamo enerģiju vai arī iekļaujas šūnu cistoplazmas tauku sintēzē. Tātad taukaudos nogulsnētie tauki nepārtraukti atjaunojas.

Asins plazma parasti satur 0,1...0,2% tauku, bet, uzņemot ar barību taukus lielākā daudzumā, to koncentrācija asins plazmā var vairākkārt palielināties, sasniedzot pat 1% un vairāk. Šādu parādību sauc par lipēmiju.

Tauki, kas tūlīt pēc uzsūkšanās tiek aizturēti aknās, piedalās dažādos aknās notiekošos sintēzes procesos vai arī oksidējas.

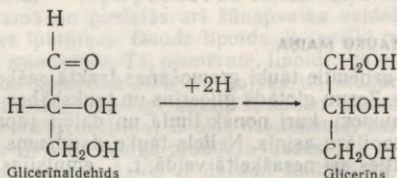
Zarnu gļotādā sintezētie, kā arī taukaudos nogulsnētie tauki pēc fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām atšķiras no barības taukiem, jo organisms sintezē sev raksturīgus, specifiskus taukus vai arī tos attiecīgi pārveido. Tādēļ dažādu sugu dzīvnieku taukiem ir nevienādas ķīmiskās un fizikālās īpašības, piemēram, dažāds piesātināto taukskābju saturs, bet no tā savukārt ir atkarīgi dažādu tauku kušanas punkti. Aitas tauku kušanas punkts ir 44...50°C (no visām taukskābēm tajos ir 36...40% oleīnskābes). Cūkas tauku kušanas punkts ir 36...46°C (oleīnskābes ir apmēram 50%), gov

tauku — 42...49 °C, zirga tauku — 39...40 °C, zoss tauku — 26...34 °C. Cīvēka ķermeņa tauki satur apmēram 70% oleīnskābes, un to kušanas punkts ir 15 °C (ķermeņa temperatūrā tie ir šķidri). Atšķirīgi pēc ķīmiskā sastāva un fizikālajām īpašībām ir arī viena un tā paša organisma dažādu orgānu un ķermeņa daļu tauki.

Intermediārās maiņas procesos tauki var veidoties no ogļhidrātiem un olbaltumvielām. Izejmateriāli šiem tauku sintēzes procesiem ir tādi intermediārās vielu maiņas starpprodukti, kas kopīgi taukiem, olbaltumvielām un ogļhidrātiem, piemēram, pirovīnogskābe, etiķskābe un dažas citas vielas.

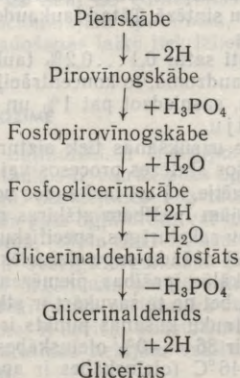
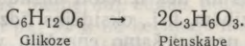
Tauki, kā zināms, ir glicerīna un taukskābju esteri.

Glicerīns organismā var rasties, reducējoties glicerīnaldehīdam:



Glicerīnaldehīds ir ogļhidrātu anaerobās noārdīšanas (glikolīzes) starpprodukts; anaerobās šķelšanās procesā glikoze var pāriet fruktozo-6-fosfātā, kas sadalās divās fosfotriozēs (glicerīnaldehīda fosfātos), kurām defosforilējoties (zaudējot fosforskābi) rodas divas glicerīnaldehīda molekulas.

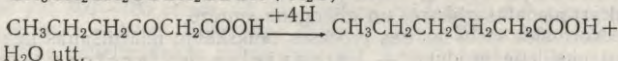
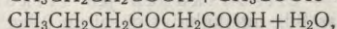
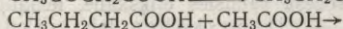
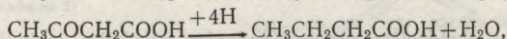
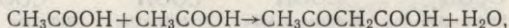
Glicerīns var veidoties arī no tāda ogļhidrāta noārdīšanās starpprodukta kā pienskābes:



Dzīvnieku organismā glicerīns var rasties arī no propionskābes un etiķskābes.

Taukskābju sintēze organismā ir īpatnēja. Kā zināms, gandrīz visās dabā sastopamajās taukskābēs oglekļa atomi ir pāra skaitā. Tā, piemēram, dzīvnieku organismā visvairāk sastopamās taukskābes satur 14, 16 un 18 oglekļa atomus. No tā varēja secināt, ka taukskābju sintēze organismā notiek, kondensējoties etiķskābes (acetilfosfāta) molekulām.

Mehānisms taukskābju sintēzei no etiķskābes bija noskaidrots ar iezīmētās atomu metodes palīdzību. Tā, piemēram, vienā eksperimentā 8 dienu laikā žurkām izēdināja etiķskābi, kas saturēja deitēriju (ūdeņradi, kura atommasa 2) metilgrupā un C^{13} (radioaktīvo oglekli) karboksilgrupā. Pēc tam analizēja šo izmēģinājuma dzīvnieku aknu taukus. Izrādījās, ka deitērijs un C^{13} bija sastopams visās aknu taukos ietilpstošajās taukskābēs, un, spriežot pēc deitērija un C^{13} satura un novietojuma taukskābēs, secināja, ka taukskābju sintēzē piedalās kā etiķskābes metilgrupa, tā arī karboksilgrupa (D. Ritenbergs, K. Blohs).



Tāpat izejmateriāls taukskābju sintēzei organismā ir etiķskābe, kas, kā zināms, veidojas pirovīnogskābes oksidatīvās dekarboksilācijas procesā. Savukārt pirovīnogskābe, kā jau minēts, ir normāls ogļhidrātu un olbaltumvielu maiņas produkts organismā.

Apskatītajam taukskābju sintēzes veidam liela nozīme ir atgremotāju organismā, jo intensīvu rūgšanas procesu dēļ atgremotāju gremošanas traktā (galvenokārt priekškuņģos) veidojas ļoti daudz etiķskābes, kas pēc tam uzsūcas un cirkulē asinīs. Sevišķi svarīga nozīme eksogēnai (no gremošanas trakta uzsūktajai) etiķskābei ir piena tauku sintēzes procesos.

Glicerīna un taukskābju sintēze visintensīvāk notiek aknās, taukaudos, zarnu sienās, piena dziedzeros un plaušās (S. Leites).

Tauku noārdīšanas process organismā sākas ar to sadalīšanos glicerīnā un taukskābēs a u d u l i p ā z e s ietekmē.

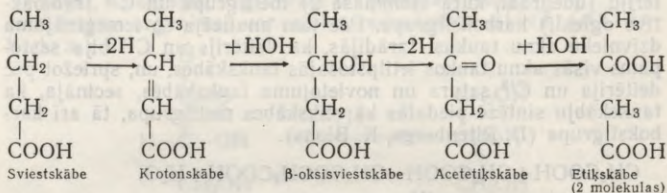
Ja tauki organismā noārdās enerģētiskajām vajadzībām, tad to sadalīšanās procesā radušās taukskābes un glicerīns oksidējas līdz ogļskābajai gāzei un ūdenim, atbrīvojot ar to ķīmisko enerģiju, ko organisms izlieto visdažādākajām fizioloģiskajām funkcijām.

Tauku šķelšanās procesā atbrīvotais glicerīns var iekļauties arī glikozes un glikogēna sintēzē.

Saskaņā ar E. Knopa teoriju taukskābju noārdīšanās organismā notiek ar β oksidāciju, t. i., oksidējoties taukskābes molekulas β stāvokļa ogleklīm. Šajā oksidācijā no taukskābes molekulas pakāpeniski atšķeļas 2 oglekļa atomi etiķskābes veidā.

Taukskābju noārdīšanās starpprodukti ir oksiskābes, ketonskābes un taukskābes ar mazāku molekulmasu.

Turpinoties β oksidācijai, taukskābes oglekļa atomu ķēde pakāpeniski saīsinās līdz 4 oglekļa atomiem, t. i., rodas sviestskābe, kas β oksidācijā sākumā pārvēršas β -oksisviestskābē un pēc tam acetetiķskābē. Acetetiķskābe hidrolizējas par divām etiķskābes molekulām:

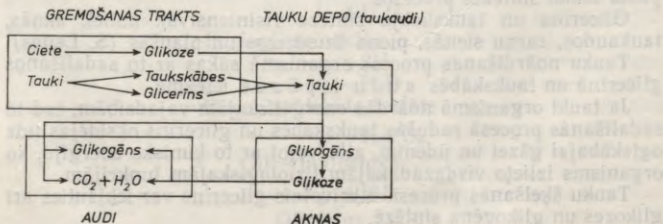


Taukskābju oksidācijas procesā radusies etiķskābe, iekļaujoties ķīmisko pārvērtību ciklā — citronskābes jeb trikarbonskābju ciklā, oksidējas līdz ogļskābajai gāzei un ūdenim vai arī piedalās glikozes un glikogēna sintēzē.

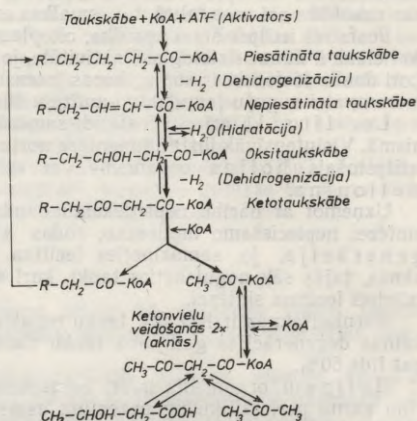
Normālos vielu maiņas procesos taukskābju noārdīšanās nepilnīgi oksidētie produkti — ketonvielas jeb acetoni (β-oksisviestskābe, acetetiķskābe un tās dekarboksilācijas produkts — acetons) organisma audos ātri sadalās, tādēļ to saturs asinīs parasti ir niecīgs (cilvēkam nepārsniedz 1 mg/100 g).

Badošanās un dažu slimību (cukurslimības) gadījumā, kā arī nepareizas ēdināšanas rezultātā (izēdinot daudz tauku un maz ogļhidrātu) β-oksisviestskābe, acetetiķskābe un acetons veidojas lielā daudzumā, pie tam tiek traucēta arī šo vielu noārdīšanās organisma audos. Tādēļ ketonvielu koncentrācija asinīs var palielinā-

Tauku maiņas shēma



Taukskābju uzbūves, noārdīšanās un ketonvielu veidošanās shēma



ties pat 300—400 reizes, un šie savienojumi izdalās no organisma ar urīnu, sviedriem, izelpojamo gaisu un pienu. Ketonvielu koncentrācijas palielināšanos asinīs sauc par ketonēmiju jeb acetonēmiju (pareizāk — hiperketonēmija un hiperacetonēmija), bet šo vielu parādīšanos urīnā — par ketonūriju jeb acetonūriju.

Ketonvielas, it sevišķi acetetiķskābe, ir ļoti toksiskas, tādēļ tās var izraisīt organisma intoksikāciju (saindēšanos). Bez tam β-oksisviestskābe un acetetiķskābe, uzkrājoties organismā lielākā daudzumā, samazina bāzu rezervi asinīs un var izraisīt acidozi.

Saskaņā ar jaunāko pētījumu datiem noteicošā loma, kad ketonvielas uzkrājas atgremotāju organismā, ir rūgšanas procesu kvalitatīvajām norisēm priekškuņģos. Ketonvielas var veidoties no gaistošām taukskābēm aknās, gremošanas trakta epitēlijā un arī priekškuņģu himusā. Sevišķi stipri izteikta ketogēnā aktivitāte ir sviestskābei, baldriānskābei un kapronskābei.

LIPOĪDU MAIŅA

Kā jau norādīts, pie lipoīdiem pieskaita fosfatīdus, cerebrozīdus un sterīdus.

Fosfatīdi fermentu lecitināzes B, glicerofosfatāzes un holinfosfatāzes (kolamīnfosfatāzes) ietekmē gremošanas traktā sašķeļas struktūrsavienojumos — glicerīnā, taukskābēs, fosforskābē un

holinā (kolaminā). So savienojumu veidā tad arī notiek fosfatīdu uzsūkšanās. Fosfolipīdu resintēze notiek zarnu sienā. Daļa fosfatīdu var uzsūkties arī nesadalītā, t. i., smalkas emulsijas veidā.

Fosfatīdi ietilpst šūnu apvalka, citoplazmas un kodola sastāvā. Jo lielāka ir šūnas fizioloģiskā aktivitāte, jo vairāk tajā ir fosfatīdu. Ļoti daudz fosfatīdu ir šūnās, kuras intensīvi vairojas un aug, piemēram, ātri augošu ļaundabīgo audzēju šūnās.

Lecitīns, kā arī citi fosfatīdi samērā viegli sintezējas organismā. Visintensīvāk fosfatīdu sintēze noris aknās. Lecitīna sastāvā ietilpstošais holīns organismā var veidoties no aminoskābes metionīna.

Ūzņemot ar barību nepietiekamā daudzumā holīnu vai arī tā sintēzei nepieciešamo metionīnu, rodas aknu taukainā deģenerācija, jo, samazinoties lecitīna veidošanās intensitātei aknās, tajās sāk nogulsneties tauki, kuri normālos apstākļos tiek izlietoti lecitīna sintēzei.

Normāli aknās ir līdz 5% tauku no aknu masas, bet aknu taukainās deģenerācijas gadījumā tauku daudzums aknās palielinās pat līdz 50%.

Holīnam organismā ir arī hormonālas īpašības; tas pastiprina zarnu peristaltiku un pazemina asinsspiedienu. Holīnam savienojoties ar etiķskābi, veidojas acetilholīns, kas piedalās uzbudinājumu pārvadē no nervu šķiedrām uz dziedzeriem un muskuļiem vai arī no viena neirona uz otru. Bez tam holīns ir metilgrupu avots organismā, tādēļ tam ir svarīga nozīme transmetilēšanas (metilgrupu pārnesšanas) procesos.

Sterīdi. No sterīniem, ko ūzņem ar barību, vislielākā nozīme ir holesterīnam un tā esteriem — holesterīdiem. Augu valsts sterīni — fitosterīni (ergosterīns) gremošanas traktā netiek absorbēti.

Aizkuņģa dziedera un zarnu sulas fermenta holesterāzes ietekmē holesterīdi sašķeļas holesterīnā un taukskābēs. Ūdenī nešķīstošais holesterīns, līdzīgi lielmolekulārajām taukskābēm, uzsūcas tikai savienojumā ar žultsskābēm.

Organismā holesterīns var veidoties no dioksiacetona un glicerīnaldehīda, t. i., no ogļhidrātu maiņas starpproduktiem. Eksperimentāli (lietojot iezīmētos atomus) pierādīts, ka holesterīna sintēzē var iekļauties arī etiķskābe un acetetiķskābe. Galvenā holesterīna sintēzes vieta organismā ir aknas.

Holesterīna pārpalikums no organisma izdalās ar žulti un caur resno zarnu gļotādu. Resnajās zarnās mikroorganismu ietekmē holesterīns reducējas, pārvēršoties koprosterīnā, kas tiek izvadīts no organisma ar izkārnījumiem.

Normālos apstākļos 100 g asins ir 100...200 mg holesterīna. Holesterīna koncentrācijas paaugstināšanos asinis virs 200 mg/100 g sauc par hiperholesterinēmiju. Tā novērojama diabēta, aknu un nieru patoloģiju un drudža gadījumā, kā arī tad, ja

ir smaga turberkulozes forma vai nervu sistēmas un iekšējās sekrēcijas dziedzeru funkciju traucējumi.

Holesterīna maiņas traucējumu un hroniskas hiperholesterinēmijas rezultātā holesterīns var nogulsnēties dažādos audos, it sevišķi retikuloendoteliālās sistēmas šūnās. Tas var radīt holesterīna un tā esteru uzkrāšanos artēriju sienās, liesā, virsnierēs, nierēs u. c. Holesterīna nogulsnēšanos artēriju sienās sauc par aterosklerozi. Ar holesterīna maiņas traucējumiem ir saistīta holesterīna akmeneņu (žultsakmeņu) veidošanās žultspūslī.

Holesterīnu organisms var izlietot kā izejmateriālu dažu bioloģiski svarīgu sterīnu, piemēram, virsnieru garozas hormonu, dzimumhormonu, D₃ vitamīna un žultsskābju veidošanai.

LIPĪDU MAIŅAS REGULĀCIJA

Tauku un lipoīdu maiņu, līdzīgi kā ogļhidrātu maiņu, regulē nervu sistēma un tās darbībai pakļautie iekšējās sekrēcijas dziedzeri.

Hipotalāmiskā apvidus pelēkajā paugurā atrodas tauku maiņas regulācijas centrs. Eksperimentāli traumatizējot hipotalāmisko apvidu, var izraisīt dzīvnieka aptaukošanos.

Svarīga nozīme tauku maiņas regulācijā ir galvas smadzeņu garozai. Tādēļ cilvēkiem dažu emociju, piemēram, stipra uztraukuma gadījumā iestājas novājēšana. Novērots arī, ka galvas smadzeņu garozas impulsi ietekmē var pastiprināties tauku sintēzes procesi (tauku uzkrāšanās vēdera sienā, ja ir neistā grūsnība).

Taukaudus inervē galvenokārt veģetatīvās nervu sistēmas simpātiskās nervu šķiedras. Impulsi, kas pienāk taukaudiem pa simpātiskajām nervu šķiedrām, izraisa tauku pāriešanu no taukaudiem asinīs. Taukaudu denervācija veicina tajos tauku uzkrāšanos.

Tauku maiņas hormonālajā regulācijā piedalās hipofīze, dzimumdziedzeri, vairogdziedzeris, aizkuņģa dziedzeris un virsnieres. Hipofīzes priekšējās daivas hormoni, kā arī dzimumhormoni un vairogdziedzera hormons tiroksīns pastiprina tauku noārdīšanos un oksidāciju. Tādēļ sakarā ar hipofīzes un dzimumdziedzeru hipofunkciju var iestāties stipri izteikta aptaukošanās.

Aizkuņģa dziedzeru hormons insulīns stimulē tauku sintēzes procesus, bet lipokaīns, aktivizējot taukskābju oksidāciju un fosfolipīdu maiņu, pasargā aknas no taukainās degenerācijas.

ŪDENS MAIŅA

ŪDENS DAUDZUMS ORGANISMĀ

Pieaugušu zīdītāju dzīvnieku un cilvēka organismā kopējais ūdens daudzums sastāda apmēram 65% no ķermeņa masas. Jaundzimušo organismā ūdens saturs ir lielāks, tas sastāda 66...

Ūdens saturs atsevišķos orgānos, audos un bioloģiskos šķidrumos

Audi, orgāni un bioloģiskie šķidrumi	Ūdens saturs (%)	Audi, orgāni un bioloģiskie šķidrumi	Ūdens saturs (%)
Muskuļi	75,0—76,0	Nieres	82,0
Aknas	70,0	Āda	72,0
Plaušas	79,0	Asinis	80,0
Smadzenes (baltā viela)	70,0	Eritrocīti	60,0
Smadzenes (pelēkā viela)	84,0	Asins plazma	90,0—92,0
Saistaudi	60,0—80,0	Limfa	94,0—96,0
Kauli	22,0	Urīns	95,0—97,0
Skrimšļaudi	55,0	Siekalas	99,4
Taukaudi	8,0—30,0	Svidri	94,0—99,5
Piens	83,0—89,0	Kuņģa sula	97,5

75% no ķermeņa masas. Vēl lielāks ūdens daudzums ir embrijos. Tā, piemēram, 3 mēnešu vecos embrijos ir 95% ūdens.

Palielinoties tauku rezerves krājumiem, organismā samazinās kopējais ūdens daudzums, jo taukaudi satur relatīvi maz (6... 30%) ūdens. Vidēji treknas aitas ķermenī ir apmēram 50% ūdens, bet ļoti treknas — apmēram 35%.

Muskuļos atrodas 48... 55% no organisma kopējā ūdens daudzuma, ādā — 10% un asinīs — apmēram 8,3%.

Organisma audos un šķidrumos ūdens daļēji ir saistīts hidrofilos koloīdos — hidratācijas ūdens veidā un daļēji ir brīvā veidā.

Hidratācijas ūdens plānā slānī aptver koloīdu daļiņas. Tam ir dažas ļoti raksturīgas īpašības, ar ko tas atšķiras no parastā ūdens. Hidratācijas ūdenim ir palielināts blīvums (līdz pat 2,45), tajā nešķīst citas vielas, un tas nesasalst pat -20°C temperatūrā.

Hidratācijas ūdens daudzums, kas atrodas audu un šūnu koloīdos, ir ļoti pastāvīgs, un tā samazināšanās var izraisīt šūnu bojāeju.

ŪDENS FIZIOLOĢISKĀ NOZĪME

Dzīvības procesu norisēs ūdenim ir ārkārtīgi svarīga nozīme ne tikai kā audu un šūnu sastāvdaļai, bet arī kā videi, kurā notiek visas ķīmiskās pārvērtības.

Ūdens organismā ir ne tikai indierentais šķīdinātājs, bet tas aktīvi piedalās daudzās vielu maiņas reakcijās, piemēram, hidrolīzes, oksidācijas, hidratācijas, koloīdu uzbriešanas un citos procesos. Svarīga nozīme ūdenim ir arī osmozes un difūzijas norisēs.

Ūdens ir organisma iekšējās vides, t. i., asins plazmas, limfas un audu šķidrums galvenā sastāvdaļa, tādēļ tam ir svarīga nozīme barības vielu, gāzu un hormonu pārveidāšanā, kā arī vielu maiņas gala-

produktu izvadišanā. Sakarā ar ūdens mazo viskozitāti šķidrums pārvietošanās asinsvados, limfvados un starpšūnu ejās ir pietiekami ātra, un tam ir svarīga fizioloģiska nozīme.

Ūdens piedalās ķermeņa temperatūras regulācijā: iztvaikojot no ādas virsmas, gļotām un plaušām, tas atvēsina ķermeni un pazemina ķermeņa temperatūru, bet paaugstinātas apkārtējās vides temperatūras apstākļos, kā arī intensīvā muskuļu darbā pasargā organismu no pārkaršanas. Salīdzinājumā ar citiem šķidrumiem ūdenim ir liela siltumietilpība un siltuma vadītspēja, tādēļ asinsvados un limfvados cirkulējošam ūdenim ir svarīga nozīme temperatūras izlīdzināšanā starp atsevišķām organisma daļām.

Ūdens organismā izpilda vēl svarīgu mehānisku funkciju, jo samazina locītavu, muskuļu un saišu berzi un atvieglo to slidēšanu.

Ja ūdens daudzums organismā samazinās par 10...11%, tad iestājas smagi organisma funkciju traucējumi, bet, zaudējot 20...30% ūdens, iestājas nāve.

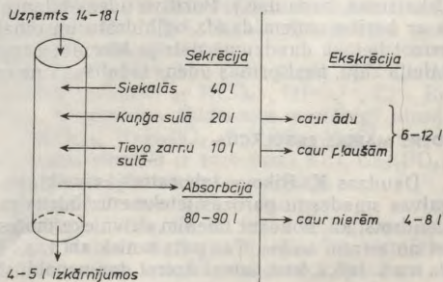
Pilnīgas badošanās gadījumā organisms ātrāk iet bojā ūdens trūkuma, nevis barības trūkuma dēļ. Tā, piemēram, baloži pilnīgas badošanās laikā (neuzņemot barību un ūdeni) nobeidzas pēc 3...4 dienām, bet badināti baloži, kuri uzņem ūdeni, nodzīvo 10...14 dienas (dažreiz vēl ilgāk). Zirgi ūdens bada gadījumā nodzīvo 17...18 dienas (V. Koropovs). Cilvēks, uzņemot vienīgi ūdeni, var dzīvot 40...50 dienas, turpretī bez ūdens — tikai dažas dienas.

ODENS MAIŅAS BILANCE

Ūdens izdalās no organisma ar urīnu, izkārnījumiem un sviedriem, kā arī iztvaikojot caur plaušām un gļotādām.

Ūdens maiņa zirga organismā (miera stāvoklī) attēlota shēmā (pēc M. Senka un E. Kolba).

Ūdens maiņas shēma



Muskuļu darbā, kā arī tad, kad paaugstināta ārējās vides temperatūra, palielinās caur ādu un arī caur plaušām izdalītā ūdens daudzums, bet caur nierēm izdalītā ūdens daudzums samazinās.

Apmēram $\frac{1}{6}$ organismam vajadzīgā ūdens veidojas, noārdoties organiskiem savienojumiem (taukiem, ogļhidrātiem un olbaltumvielām); pārējais ūdens daudzums jāuzņem kopā ar barību un dzerot. Aprēķināts, ka, oksidējoties 100 g tauku, rodas 107,1 g ūdens, oksidējoties 100 g ogļhidrātu, — 55,5 g ūdens un, oksidējoties 100 g olbaltumvielu, — 41,3 g ūdens.

Izēdinot parastu, jauktu barību, organisma audos uz katrām 100 kcal veidojas apmēram 12 g ūdens. Šādai «oksidācijas» ūdens veidošanai ir liela nozīme dzīvnieku ziemas guļas periodā un ilgla attīstības laikā putnu olās.

Dzīvniekiem vajadzīgais ūdens daudzums ir atkarīgs no izēdīnātās barības sastāva, apkārtējās vides temperatūras, turēšanas apstākļiem, nodarbināšanas, produktivitātes un citiem faktoriem. Dažāda ūdens vajadzība ir arī dažādu sugu un dažāda vecuma dzīvniekiem. Uz katru kilogramu barības saunes cūka patērē 7... 8 l, govys — 4... 6 l, zirgs un aita — 2... 3 l ūdens. Relatīvi vairāk ūdens ir vajadzīgs jauniem, augošiem organismiem nekā pieaugušiem.

Attiecību starp uzņemtā un izvadītā ūdens daudzumu apzīmē ar ūdens bilanci. Uzņemot ūdeni nepietiekamā daudzumā vai arī pastiprināti tam izdaloties no organisma, piemēram, stipras svīšanas, kā arī caurejas un atkārtotas vemšanas gadījumos, iestājas negatīvā ūdens balance (dehidratācija jeb organisma atūdeņošana). Ja organisms uzņem vairāk ūdens nekā izdala, tad šādu stāvokli apzīmē par pozitīvo ūdens bilanci jeb ūdens aizturēšanu organismā.

Pozitīvā ūdens balance rodas nieru un ādas ekskretoro funkciju, kā arī asinsrites traucējumu rezultātā. Bez tam pozitīvā ūdens balance novērojama arī tad, ja ir traucēta ūdens maiņa starp asinīm un audiem, piemēram, badošanās, drudža, vairogdziedzera hipofunkcijas, virsnieru garozas hiperfunkcijas un citos gadījumos. Ūdens aizturēšanas rezultātā audos rodas dažādas formas tūskas (iekaisuma, bada u. c.). Pozitīvā ūdens balance var iestāties arī tad, ja ar barību uzņem daudz ogļhidrātu un olbaltumvielu, kā arī uzņemot lielākā daudzumā nātrija hlorīdu; uzņemot daudz kālija un kalcija sāļu, pastiprinās ūdens izdalīšana no organisma.

ŪDENS MAIŅAS REGULĀCIJA

Daudzos K. Bikova laboratorijās veiktajos pētījumos pierādīta galvas smadzeņu garozas ietekme uz ūdens maiņu organismā. Noskaidrots, ka, nonākot ūdenim dzīvnieka mutes dobumā, ūdens pārīet no asinīm audos. Tas pats notiek arī t. s. šķietamās dzeršanas laikā, kad, ūdeni dzerot, tas nenokļūst kuņģī, bet izlīst ārā

pa pārgrieztā barības vada atveri. Cilvēkam un dzīvniekiem var izstrādāt dažādus nosacījuma refleksus, kas saistīti ar ūdens uzņemšanu vai tā izvadīšanu no organisma.

Galvas smadzeņu garozā atrodas nervu centrs, kas regulē ūdens uzņemšanu un tā maiņu organismā. Ir arī otrs ūdens maiņas regulācijas centrs, kas novietots starpsmadzenēs (hipotalāmisķā apvidus pelēķajā paugurā).

Palielinoties asins osmotiskajam spiedienam vai arī samazinoties ūdens saturam audos un asinīs, organismā rodas vairāķas refleķtoriskās pārmaiņas, kuru dēļ līdztekus sviedru un urina atdalīšanas samazināšanai pavājinās arī sieķalu seķrēķija, tādēļ uzbudīnās mutes un rīķles dobuma attieķģie receptori, kas sūta impulsus ūdens uzņemšanas regulācijas centram un izraisa slāpju sajūtu.

Ūdens maiņas regulāķijā piedalās arī daži hormoni, kuru veidošanos un nokļūšanu asinīs savukārt regulē nervu sistēma. Tā hipofīzes pakalēķjās daīvas hormonam vazopresīnam (adiuretīnam) piemīt antidiurētiska darbība, un tas stimulē ūdens reabsorbķiju nieru kanāliņos, tādēķjādi samazinot caur nierēm izdalītā ūdens daudzumu.

Virsnieru garozas hormoni, piemēram, kortizons un aldosterons, seķmē ūdens aizturēšanu organismā, tādēļ pēc virsnieru garozas ekstirpācijas no organisma pastiprināti izdalās ūdens.

Ūdens aizturēšanu organismā stimulē aizkuņķa dziedzera hormons insulīns, turpretī vairogdziedzera hormons tiroksīns seķmē ūdens izvadīšanu (galvenokārt caur ādu).

MINERĀLVIELU MAIŅA

MINERĀLVIELU FIZIOĻOĶISKĀ NOZĪME

Minerālvīelas organismā atrodas minerālsāļi un jonu veidā, ķā arī ietilpst dažu organisko savienojumu, piemēram, olbaltumvīelu sastāvā. Kopēķjais minerālvīelu daudzums organismā sastāda 3,5... 4,5% no ķermeņa masas. Visvairāk minerālvīelu ir kaulaudos, kur to daudzums saussnē sastāda 45... 70%. Kaulaudos atrodas apmēram $\frac{5}{6}$ no visām organisma minerālvīelām.

Organismā visizplatītāķie ir Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} un daži citi katjoni, kuri visbieķžāk savienoti ar HCO_3^- , HPO_4^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- un citiem anjoniem. Organisma šķīdumos pastāvģģi atrodas NaCl_2 , NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, NaH_2PO_4 , K_2HPO_4 , MgCl_2 un citi minerālsāļģ. Savukārt audos vienmēr ir sastopami KCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Na_2SO_4 , ķā arī S, I, Mn un citu elementu savienojumi.

Minerālvīelām organismā ir svarģģa un daudzpusģģa nozģģme. Tās atrodas visās organisma šūnās, ķā arī visos bioloģģkos šķīdumos un aktģģvi piedalģģs daķģādu funkcģģju norisēs. Tā, piemēram, minerālsāļģem ir galvenā nozģģme noteģģķta osmotiskā spiediena, ķā

Atveišķu elementu saturs govš asinīs, kaulos, muskuļos un pienā

Audi vai bioloģiskie šķidrumi	1 kg satur (g)							
	H ₂ O	Na	K	Ca	Mg	Fe	P	Cl
Kauli (pelni)	—	8,06	1,50	366	6,52	—	163	0,4
Muskuļi	758	0,65	3,66	0,02	0,24	—	2,70	0,57
Asinis	800	2,69	0,34	0,05	0,02	0,38	0,18	3,08
Piens	830—890	—	1,50	1,20	0,11	0,0006	0,92	1,00

arī skābju un bāzu līdzsvara uzturēšanā un aktivās reakcijas relatīvās nemainības saglabāšanā asinīs un audos.

Svarīga nozīme minerālvielām ir difūzijas parādībās. Minerālvielas ietekmē arī nervu sistēmas un muskuļu uzbudināmību, piedalās šūnu struktūras (kaulaudu) uzbūvē, asins gāzu transportā, gremošanas dziedzeru sekrēcijā, izvadorgānu darbībā un citos procesos.

Minerālvielām, tāpat kā ūdenim, organismā nav nekādas enerģētiskas nozīmes.

Gremošanas traktā kopā ar ūdeni uzsūktie minerālsāļi daļēji tiek aizturēti dažādos audos un orgānos (kaulos, ādā, muskuļos, aknās u. c.), daļēji tie cirkulē asinīs. No organisma minerālsāļi izdalās galvenokārt ar urīnu, izkārnījumiem un sviedriem.

Orgānu, kā arī visa organisma normālu funkciju uzturēšanai ir svarīgi uzņemt minerālvielas noteiktās savstarpējās kvantitatīvās attiecībās.

Ja barībā nav pietiekami daudz minerālvielu, tad notiek minerālsāļu mobilizācija no kauliem, kā arī no citiem audiem un orgāniem, t. i., notiek pastiprināta minerālsāļu pāriešana no audiem asinīs, tādēļ rodas kaulu trauslums un citas patoloģiskas parādības. Nemaz neuzņemot ar barību minerālsāļus, dzīvnieki pēc 2...3 mēnešiem nobeidzas. Minerālvielu patēriņš ir lielāks, ja organismā

Minerālvielu gada bilance govš organismā

Minerālvielas	Uzņemts ar barību (g)	Izdalīts no organisma (g)			Bilance
		ar pienu (324 dienu laikā)	ar ekskretiem	kopā	
Nātrijs	15 559,0	3 457,0	12 155,7	15 612,0	— 53,9
Kālijs	40 618,2	10 155,3	30 283,7	40 439,0	+179,2
Kalcijs	38 941,6	7 061,3	32 819,1	39 880,4	— 938,8
Magnijs	13 156,0	804,8	12 235,9	13 040,7	+115,3
Fosfors	15 017,3	6 366,1	8 570,9	13 937,0	+ 80,3
Hlors	27 204,8	7 154,0	19 290,3	26 444,3	+750,3

notiek intensīvāka vielu maiņa. Sevišķi nozīmīgas minerālvielas ir augošiem dzīvniekiem, kā arī dzīvniekiem grūsnības un laktācijas periodos.

KALCIJA UN FOSFORA MAIŅA

Kalcijs un fosfors organismā ietilpst galvenokārt neorganisko sāļu sastāvā, un šo abu elementu daudzums sastāda 65—70% no visiem organisma minerālelementiem.

Visvairāk kalcijs ir kaulos — apmēram 99% no visa organisma kalcijs daudzuma. Citos audos, kā arī bioloģiskajos šķidrums kalcijs atrodas galvenokārt jonizētā stāvoklī vai arī nelielā daudzumā ir saistīts ar proteīniem.

Asinis ir 9...11 mg/100 g kalcijs. Atkarībā no organisma fizioloģiskā stāvokļa kalcijs saturs asinīs var stipri palielināties. Tā, piemēram, vistām dešanas periodā kalcijs koncentrācija asinīs palielinās 2...3 reizes.

Fosfors organismā atrodas minerālāju veidā, salikto olbaltumvielu (fosfoproteīdu, nukleoproteīdu), nukleotīdu, heksozofosfātu, triozofosfātu, fosfolipīdu, kā arī fosforskābes un dažu citu savienojumu sastāvā.

Visvairāk fosfora ir kaulaudos, kur tā daudzums sastāda apmēram 90% no visa organisma fosfora krājumiem. Normālos apstākļos 100 g asins ir 4...9 mg fosfora.

Kaulaudos kalcijs un fosfors (arī magnijs) atrodas galvenokārt kompleksos karbonātu un fosfātu savienojumos, t. i., kalcijs karbonātaapatīts $\text{CaCO}_3 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, magnija karbonātaapatīts $[\text{MgCO}_3 \cdot \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$, kā arī kalcijs hidroksilapatīts $[\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{Ca}(\text{PO}_4)_2]$. Kaulaudu pelnos ir 85% kalcijs fosfāta $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$, 10% kalcijs karbonāta (CaCO_3), 1,5% magnija fosfāta $[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2]$ un apmēram 0,3% kalcijs fluorīda (CaF_2). Pelnu daudzums kaulos, kā zināms, sastāda apmēram 50% no kaulaudu masas.

Kalcijs organismā nepieciešams pārkaulošanās procesiem, asins sarecēšanai (kalcijs joni veicina protrombīna pārvēršanos trombinā), kā arī lipāzes un tripsīna aktivizēšanai. Bez tam kalcijs samazina nervu sistēmas un muskuļu uzbudināmību, pastiprina leukocītu fagocitāro funkciju, aktivizē retikuloendoteliālās sistēmas darbību un paaugstina sirds muskuļu tonusu. Kalcijs ietekmē pastiprinās organisma rezistence pret dažādiem toksīniem un indēm.

Fosfors galvenokārt nepieciešams normālām intermediārās vielu maiņas norisēm (fosforilēšanās procesiem), kā arī kaulaudu uzbūvei. Fosfātiem, kā zināms, piemīt buferiņa īpašības, tādēļ tiem ir svarīga nozīme skābju un bāzu līdzsvara uzturēšanā asinīs un audos.

Lai nodrošinātu organisma normālu augšanu, kā arī citu funkciju normālas norises, barībā ir jābūt noteiktai kalcijs un fosfora attiecībai, jo dažos intermediārās vielu maiņas procesos (kaulaudu

uzbūvē) šie abi minerālelementi atrodas ciešā savstarpējā saistībā. Optimālā kalcija un fosfora attiecība ir tāda, kāda tā ir, piemēram, pienā. Govs pienā atrodas 0,12% Ca un 0,08% P, ķēves pienā — 0,09% Ca un 0,14% P.

Relatīvi daudz kalcija un maz fosfora satur rupjā barība (siens), turpretī koncentrētā barībā (labības graudos) ir daudz fosfora un maz kalcija.

Lauksaimniecības dzīvniekiem diennaktī ar barību jāuzņem noteikts Ca un P daudzums: govīm uz 100 kg dzīvmasas — 5 g Ca un 2,5 g P (grūsnības un laktācijas periodos kalcija un fosfora ir jāuzņem vairāk); teļiem (līdz 1 mēneša vecumam) — 32 g Ca un 23 g P (uz 100 kg dzīvmasas); zirgiem atkarībā no to dzīvmasas un organisma fizioloģiskā stāvokļa — 35...100 g Ca un 37...60 g P; aitām — 3...10 g Ca un 1,5...5,5 g P.

Arī putniem ir jādod pietiekami daudz kalcija, it sevišķi dēšanas periodā, kam jākompensē kalcija zudums ar olu čaumalām, kurās ir apmēram 90% kalcija karbonāta.

Ja barībā trūkst vajadzīgā kalcija un fosfora daudzuma, kalcijs un fosfors pāriet no kaulaudiem un attīstās osteomalācija. Osteomalācijas gadījumā kauli kļūst lokani un var saliekties ķermeņa smaguma ietekmē; asinis ir samazināts fosfora un sākumā arī nedaudz kalcija saturs. Nepietiekams kalcija un fosfora saturs augošo organismu barībā līdztekus pārmaiņām kaulaudu minerālvielu sastāvā izraisa arī augšanas traucējumus.

Kalcija un fosfora nogulsņēšanas kaulaudos ietekmē A un it sevišķi D vitamīns. D avitaminozes gadījumā augošiem organismiem attīstās rahīts. Rahīta gadījumā ir traucēti kaulaudu veidošanās un mineralizācijas procesi; kauli kļūst mīksti un deformējami. Rahīts var iestāties arī tad, kad barībā kalcija un fosfora ir pietiekami.

Kalcija un fosfora maiņas regulācijā piedalās arī epitēlijķermeņu hormons — parathormons. Ja ir epitēlijķermeņu hipofunkcija vai arī ja tos izoperē, tad asinis samazinās kalcija daudzums, tādēļ pastiprinās nervu sistēmas un muskuļu uzbudināmība un rodas krampji (tetānija). Vienlaikus asinis pieaug fosfora saturs.

Kalcija un fosforskābes sāļi uzsūcas zarnās un no organisma izdalās galvenokārt ar urīnu un izkārnījumiem.

NĀTRIJA UN KĀLIJA MAIŅA

Nātrijs un kālijs organismā atrodas galvenokārt hlorīdu, hidroģēnkarbonātu un fosfātu veidā. Nedaudz nātrija un kālija ir saistīts arī ar organiskajām skābēm un olbaltumvielām. Kālijs ietilpst galvenokārt šūnu sastāvā, bet nātrijs — starpšūnu vielā un visos bioloģiskajos šķidrumos, izņemot pienu, kur ir vairāk kālija. Tā, piemēram, kālija saturs šūnās sasniedz 300...400 mg/100 g, bet asins plazmā un audu šķidrumā — tikai 16...22 mg/100 g, tur-

preti nātrija saturs siltasiņu dzīvnieku asins plazmā sastāda 320... 350 mg/100 g.

Nātrija un kālija joni ietekmē nervu sistēmas un muskuļu uzbudināmību, piedalās sirdsdarbības regulācijā un sekmē gremošanas procesu norisi.

Nātrijam ir svarīga nozīme asins plazmas un limfas osmotiskā spiediena radīšanā. Ietilpstot asins bufersistēmu sastāvā, nātrijs palīdz saglabāt asins aktīvo reakciju pastāvīgā līmenī un, atrazdamies audu šķidrumā, sekmē ūdens aizturēšanu audos. Konstatēts arī, ka nātrija joni veicina asinsvadu sašaurināšanos. Ja barībā nav pietiekami daudz nātrija, pastiprinās audu olbaltumvielu noārdīšanās, rodas gremošanas funkciju traucējumi, muskuļu vājums un citas patoloģiskas parādības.

Kālija joni ir nepieciešami šūnu uzbūvei. Pietiekams kālija saturs barībā pastiprina vielu maiņu un sekmē arī gremošanas trakta motoriku. Kālija iedarbība uz dažiem organisma fizioloģiskajiem procesiem bieži vien ir pretēja kalcija iedarbībai. Tā, piemēram, kālijs pastiprina nervu sistēmas un muskuļu uzbudināmību, turpreti kalcijs to samazina.

Jāraugās, lai dzīvnieku barībā būtu noteikta nātrija un kālija attiecība, pretējā gadījumā izmainās abu šo elementu normālā attiecība organismā un rodas dažādi organisma funkciju traucējumi.

Dzīvniekiem (govīm, aitām, zirgiem), kuri pārtiek galvenokārt no augu valsts barības līdzekļiem, jāsaņem arī pietiekamā daudzumā nātrijs, jo augu valsts barības līdzekļos, kā zināms, ir daudz kālija, bet maz nātrija. Tādēļ arī zālējādai vienmēr ir liela tieksme uzņemt nātrija hlorīdu.

Govīm uz 100 kg dzīvmasas diennakti ar barību jāsaņem 5... 7 g NaCl, teļiem — 6...12 g, aitām — 7...12 g, zirgiem — 15...30 g, cūkām — 5...10 g. Grūsnības un laktācijas periodā dzīvniekiem vajag vairāk nātrija hlorīda.

Ievadīts organismā pārmērīgā daudzumā, nātrija hlorīds izraisa t. s. sāls drudzi, kura raksturīgākā pazīme ir ķermeņa temperatūras strauja paaugstināšanās. Sevišķi jutīgi pret nātrija hlorīdu ir mājputni un cūkas. Tā, piemēram, vistām, izēdinot diennakti vairāk nekā 3...4 g NaCl, rodas stipras slāpes, iestājas krampji un citas saindēšanās parādības.

No nātrija sāļiem gremošanas traktā visvieglāk uzsūcas nātrija hlorīds, turpreti nātrija sulfāts nemaz neuzsūcas, tādēļ, ievadīts gremošanas traktā lielākā daudzumā, stipri paaugstina zarnu satura osmotisko spiedienu, tādējādi izraisot ūdens intensīvu pārvietošanos no asinīm zarnu kanālā un caureju.

Nātrija un kālija sāļu depo organismā ir āda. Nātrijs un kālijs no organisma izdalās galvenokārt ar urīnu, bet dzīvniekiem, kuriem ir intensīvi funkcionējoši sviedru dziedzeri (zirgiem, aitām), attiecīgs nātrija un kālija daudzums izdalās arī ar sviedriem.

Pastiprinātas svišanas laikā nātrija un kālija zudums ar sviedriem var būt samērā liels.

Nātrija un kālija maiņas regulācijā piedalās virsnieru garozas hormoni. Virsnieru garozas hipofunkcijas gadījumā pastiprinās nātrija izvadīšana ar urīnu, bet kālija izvadīšana samazinās, tādēļ asins plazmā samazinās nātrija, bet palielinās kālija saturs.

DZELZS MAIŅA

Dzelzij ir svarīga nozīme skābekļa pārvešanā un oksidācijas procesu norisēs. Apmēram 85% no visa organisma dzelzs daudzuma ietilpst hemoglobīna sastāvā, bet pārējā daļa — mioglobīna, oksidācijas fermentu (cītochromu, cītochromoksidāzes, peroksidāžu, katalāzes), kā arī feritīna (dzelzs hidroksīda un dzelzs fosfāta komplekss savienojums ar olbaltumvielām) un pigmenta hemosiderīna sastāvā. Dzelzs trūkums organismā rada anēmiju un oksidācijas procesu traucējumus.

Kopējais dzelzs daudzums organismā sastāda 4...5 g uz 100 kg dzīvmasas.

Dzelzs uzsūkšanās notiek galvenokārt tievajās zarnās, un to veicina skābes, žults un kalcija joni. Zarnu traktā trīsvērtīgā dzelzs pirms uzsūkšanās reducējas, pārvēršoties divvērtīgā dzelzī. Ļoti intensīvi dzelzs uzsūcas pēc lielāka asins zaudējuma. Nonākot zarnu sienā, aknās, liesā un kaulu smadzenēs, dzelzs nogulsnejas feritīna veidā. Feritīns ir dzelzs rezerves forma organismā, un organisms to var izlietot dzelzi saturošo organisko savienojumu, piemēram, hemoglobīna sintēzei.

Noārdoties hemoglobīnam vai arī citiem hēmu saturošiem savienojumiem, atbrīvojas dzelzs, kas no jauna iekļaujas feritīna sastāvā, piedalās hemosiderīna veidošanā vai izdalās no organisma ar urīnu un izkārnījumiem (nokļūstot zarnu traktā ar žulti vai caur resno zarnu gļotādu).

Pieauguši dzīvnieki ar barību uzņem pietiekami daudz dzelzs, jo parastās barības rācījas vienmēr satur nepieciešamo dzelzs daudzumu. Diennaktī pieaugušam dzīvniekam ar barību jāuzņem 10...30 mg dzelzs. Nedaudz vairāk dzelzs jāuzņem dzīvniekiem grūsnības periodā, kā arī pēc asins zaudēšanas, kad organismā pastiprināti norisinās hemoglobīna sintēzes procesi.

Jaunie dzīvnieki, kuri pārtiek galvenokārt no piena, dažreiz izjūt dzelzs trūkumu, jo pienā, kā zināms, ir ļoti maz dzelzs.

MAGNIJA MAIŅA

Magnijs ir atrodams visās šūnās, kur tas ietilpst glikolīzi aktivējošo fermentu prostētisko grupu sastāvā. Kaulaudos magnijs atrodams magnija karbonāta un magnija fosfāta veidā (sk. «Kalcija un fosfora maiņa» 181. lpp.). Nelielā daudzumā magnijs ir sasto-

pams arī bioloģiskos šķidrums. Tā, piemēram, asins plazmā ir 2... 4 mg/100 g Mg (eritrocitos — 2... 12 mg/100 g).

Magnija koncentrācijas palielināšanās asinis izraisa kalcija pastiprinātu izvadišanu no organisma ar urīnu, nervu sistēmas uzbudināmības pastiprināšanos un krampjus — t. s. magnezīālo tetāniju. Turpreti, magnija saturam asinīs samazinoties, pavājinās nervu sistēmas uzbudināmība un rodas miegainība. Normālos ēdināšanas apstākļos magnija trūkums organismā ir reta parādība, jo parasti barības līdzekļi magniju satur pietiekamā daudzumā.

Magnija sāļi uzsūcas jonizētā veidā un izdalās no asinīm caur nierēm un resno zarnu gļotādu.

HLORA MAIŅA

Organismā hlors atrodams galvenokārt nātrija hlorīda veidā, bet mazāk savienojumos ar kāliju, kalciju un magniju. Kuņģa sulā hlors ietilpst sālskābes sastāvā.

Hlora anjoni līdztekus nātrija un kālija katjoniem ir osmotiski aktīva asins plazmas, limfas un citu bioloģisko šķidrumu, kā arī šūnu satura joni. Osmotiskajos procesos hlora joniem ir daudz lielāka nozīme nekā fosforskābes un ogļskābes anjoniem.

Hlora maiņa ir cieši saistīta ar nātrija maiņu, tādēļ bieži vien šo abu elementu maiņu organismā apskata kopā kā nātrija hlorīda maiņu. Tomēr jāatzīmē, ka hlora maiņa dažreiz nenotiek paralēli nātrija maiņai un dažu šūnu, piemēram, eritrocītu sastāvā hlors ietilpst pat neatkarīgi no nātrija.

Galvenais hlora depo ir āda, kurā var uzkrāties apmēram $\frac{1}{3}$ no tā hlorīdu daudzuma, kas ir organismā.

Hlora saturs organismā ir samērā pastāvīgs. Samazinoties ar barību uzņemtā hlora daudzumam, tā rezerves krājumi organismā sākumā parasti neizmainās, jo līdztekus samazinās hlorīdu izdalīšana ar urīnu. Pastiprinātas sviedru izdalīšanās laikā, badošanās gadījumā, kā arī tad, ja ilgstoši neuzņem hlorīdus pietiekamā daudzumā ar barību, hlora saturs organismā tomēr var manāmi samazināties. Ja organisms zaudē apmēram 20% hlora, pavājinās sālskābes sekrēcija kuņģī.

SĒRA MAIŅA

Sērs ietilpst aminoskābju cisteīna, cistīna un metionīna sastāvā, tādēļ tas atrodams daudzās organisma olbaltumvielās. Sevišķi daudz sēra ir dažos balstaudu proteinoīdos (olbaltumvielām līdzīgos savienojumos), piemēram, keratīnā, kas ir svarīga matu, spalvu, nagu un citu epidermas veidojumu sastāvdaļa.

Olbaltumvielās sērs atrodas divvērtīgā, t. i., neoksidētā veidā. Dažās saliktās olbaltumvielās, piemēram, mucīnā un mukoīdos (glikoproteīdos), sērs atrodas oksidētā veidā.

Noārdoties organiskiem sēru saturošiem savienojumiem, atšķēļas šo savienojumu sērs, kas pēc tam oksidējas līdz sērskābei. Sērskābei savienojoties ar indīgiem vielu maiņas produktiem, piemēram, ar fenolu, indolu un citiem, rodas nekaitīgi savienojumi (sērskābes esteri), kas izdalās no organisma ar urīnu.

Organismā sērs nokļūst galvenokārt ar barības olbaltumvielām, uzsūcoties gremošanas traktā aminoskābju — cisteīna, cistīna un metionīna sastāvā. Nelielā daudzumā gremošanas traktā uzsūcas arī neorganiskie sēra savienojumi. Sēram ļoti svarīga nozīme ir augstāzīgu vilnas aitu organismā, jo vilnā nogulsņējas daudz sēra (cistīna sastāvā).

Lielākā daļa sēra no organisma izdalās sulfātu veidā ar urīnu.

MIKROELEMENTI UN TO LOMA VIELU MAIŅĀ

Ķīmiskos elementus (oglekli, skābekli, ūdeņradi, slāpekli, kalciju, fosforu, nātriju u. c.), kas sastāda organisma galveno masu, sauc par **m a k r o e l e m e n t i e m**. Minerālvielas, kuru saturs organismā ir ļoti niecīgs (10^{-3} ... $10^{-12}\%$), sauc par **m i k r o e l e m e n t i e m**.

Cilvēka un augstāko dzīvnieku organismā ir šādi mikroelementi: litījs, rubīdijs, cēzijs, berilijs, stroncijs, bārijs, bors, alumīnijs, silīcijs, germānijs, alva, svins, arsēns, bismuts, selēns, telūrs, fluors, broms, jods, titāns, vanādijs, niobijs, hroms, molibdēns, mangāns, kobalts, niķelis, varš, sudrabs, cinks, kadmijs, dzīvsudrabs, gallijs un pat zelts. Uzskata, ka organismā atrodas arī citi — vēl nepietiekami izpētīti mikroelementi.

Literatūrā ir daudz zinātnisko pētījumu datu par atsevišķu mikroelementu izplatību dažādās augsnes un ūdeņos, kā arī augos, dzīvnieku un cilvēka organismā. Atkarībā no atsevišķu mikroelementu satura augsnes ir iedalītas attiecīgās teritoriālās jeb **bioģeoķīmiskās zonuās**. Ja augsne ir nabadzīga ar mikroelementiem, tad arī tajā izaugušie augi satur maz mikroelementu.

No mikroelementiem organisma dzīvības procesus nārisēm nepieciešami kobalts, varš, mangāns, cinks, molibdēns, jods un fluors. Šos mikroelementus sauc arī par **bioelementiem** (grieķiski *bios* — dzīvība).

Izēdinot dzīvniekiem barību, kas nesatur pietiekamu daudzumu organismam nepieciešamo mikroelementu (it sevišķi kobaltu, varu, cinku un jodu), dzīvnieki saslimst ar specifiskām vielu maiņas slimībām.

Daži mikroelementi, piemēram, arsēns, svins un dzīvsudrabs, kuri nav nepieciešami organisma dzīvības procesiem, uzņemti ar barību vai ar ūdeni lielākā daudzumā, var izraisīt organisma saindēšanos.

Mikroelementu saturs dažādos barības līdzekļos

Barības līdzekļi	Daudzums (mg/l kg sauses)					
	dzelzs	mangāns	varš	cinks	kobalts	jods
Pļavu zāle	50—565	30—440	2—20	17—74	0,05—0,5	0,02—0,4
Pļavu siens	222	69	7,6	21	0,09	
Lucernas siens	183	40	11	24	0,12	
Sarkanā āboliņa siens	145	56	13	28	0,11	
Lopbarības bietes	26	23	7,5	32		
Kartupeļi	38	6	6	12	0,05	
Biešu lapas	237—1420	139—253	8—25	56—58	0,4—1,2	
Mieži	80	25	6	31	0,02	0,05
Auzas	140	49	5	34	0,04	0,06
Kukurūza	30—49	5—11	0,6—3,7	15—31	0,02—0,03	0,05
Kviešu klijas	172	116	12	77	0,1	0,07
Lopbarības raugs	90—260	9—40	6—21	73—99	1,5	
Melase	203	31	6,8	26	0,7	1,6
Zivju milti	381	24	15	64	0,1	2,0
Gaļas milti	439	10	10	120	0,13	1,3

KOBALTS

Jau vairāk nekā pirms 100 gadiem dažos Skotijas rajonos tika novērota ipatnēja atgremotāju slimība, kuras galvenie simptomi bija ēstgribas trūkums, anēmija un stipra novājēšana. Bieži vien slimie dzīvnieki nobeidzās. Vēlāk šādu slimību konstatēja dažos ASV, Kanādas, Norvēģijas, Zviedrijas, Dānijas un Īrijas piejūras rajonos, kā arī dažās citās vietās, nosaucot to par nīkuļošana s kaiti, enzootisko marazmu jeb enzootisko anēmiju. Tikai šā gadsimta trīsdesmitajos gados konstatēja, ka «nīkuļošana s kaite» ir saistīta ar kobalta trūkumu organismā, un to sāka saukt par a k o b a l t o z i.

Padomju Savienībā akobaltoze bija konstatēta dažos Latvijas PSR, kā arī Igaunijas PSR un Dagestānas APSR rajonos.

Visvairāk no kobalta trūkuma cieš atgremotāji (sevišķi grūsnības un laktācijas periodā). Retāk ar akobaltozi slimo cūkas un zirgi.

Saslimšanas sākumā dzīvniekiem zūd ēstgriba, rodas gremošanas trakta darbības traucējumi, iestājas novājēšana un samazinās organisma rezistence. Slimībai turpinoties, rodas stipra anēmija un progresējošas novājēšanas rezultātā dzīvnieki nobeidzās. Akobaltozes simptomi viskrasāk ir izteikti aītām un kazām.

Akobaltozes profilaksei un ārstēšanai mūsu republikā ir ieteikts kobalta hlorīds ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$): zirgiem un govīm profilaktiskā deva — 10 ... 20 mg, ārstnieciskā deva — 20 ... 40 mg; cūkām, kumeļiem un teļiem profilaktiskā deva — 5 ... 10 mg, ārstnieciskā

deva — 10 ... 20 mg; aitām un kazām profilaktiskā deva — 1,5 ... 2,5 mg un ārstnieciskā deva — 2,5 ... 5 mg.

Kobalts pozitīvi ietekmē organisma vielu maiņu (aktivējot vairākus hidrolītiskos fermentus, piemēram, dažas dipeptidāzes, fosfatāzes, argināzi), stimulē dzīvnieku augšanu un to produktivitāti.

Ja grūšņiem dzīvniekiem papildus izēdina kobalta hlorīdu, tiek labvēlīgi ietekmēta embrija attīstība. Ļoti svarīga nozīme kobaltam ir asinsrades procesos, jo kobalts ietilpst B₁₂ vitamīna sastāvā, kas stimulē eritrocītu veidošanos.

Kobalts stimulē mikroorganismu vairošanos un to darbību, tādēļ atgremotājiem kobalta deficīta dēļ priekškuņģos samazinās baktēriju skaits un līdz ar to tiek traucēti bakteriālie barības sagremošanas procesi un samazinās B₁₂ vitamīna biosintēze, kuru veic priekškuņģu baktērijas.

Tā kā priekškuņģu mikroorganismi savām vajadzībām izlieto zināmu daļu ar barību uzņemtā kobalta, atgremotāji ir sevišķi jutīgi pret kobalta trūkumu.

Ievadīts organismā lielākā daudzumā, kobalts izraisa saindēšanos. Tomēr starpība starp kobalta toksiskajām un organismam nepieciešamām devām ir tik liela, ka praktiski dzīvnieku saindēšanās ar kobaltu nenotiek.

VARŠ

Varš ir visu dzīvo šūnu nepieciešama sastāvdaļa. Visvairāk vara ir aknās, kur tā saturs vidēji sastāda 0,75 mg/100 g (jauniem dzīvniekiem un it sevišķi embrijiem ievērojami vairāk). Smadzenēs, aizkuņģa dziedzerī, muskuļaudos un nierēs vara ir apmēram 0,3 mg/100 g, liesā < 0,2 mg/100 g (E. Smits, 1958). 100 gramos asins plazmas ir 0,1 ... 0,2 mg vara (varš asins plazmā ir saistīts ar globulīniem).

Vislielākā fizioloģiskā nozīme varam ir audu elpošanas un asinsrades procesos, jo tas ietilpst dažu oksidācijas fermentu, piemēram, tirozināzes un askorbātoksidāzes sastāvā un ir arī nepieciešams hemoglobīna sintēzes un eritrocītu veidošanas procesiem. Varš stimulē retikulocītu nogatavošanos un to pārvēršanos eritrocītos, kā arī ietilpst eritrocītu olbaltumvielās — hemokupreīna sastāvā. Hemoglobīna sintēzes procesā vara ietekmē notiek dzelzs iekļaušana hemoglobīnā. Bez tam varš ietekmē dzelzs nokļūšanu sarkanajās kaulu smadzenēs, kur notiek eritrocītu veidošana.

Daudziem bezmugurkaulniekiem (mikstmiešiem, posmkājiem) varš ietilpst asins elpošanas pigmenta — hemociānīna sastāvā (līdzīgi kā dzelzs hemoglobīnā) un piedalās skābekļa saistīšanā un pārveidā. Hemociānīns ir zils pigments, tādēļ asinis, kas satur šo vielu, ir zilas.

Izēdinot dzīvniekiem tādu barību, kas nesatur pietiekamu daudzumu vara, rodas anēmija, sirds muskuļa atrofija, gremošanas

funkciju traucējumi un matu depigmentācija (ahromotrihija). Augošiem dzīvniekiem tiek traucēta arī organisma augšana, bet laktējošiem dzīvniekiem strauji samazinās piena sekrēcija.

Ja dzīvnieks ilgstoši pietiekamā daudzumā ar barību neuzņem varu, tad iestājas stipra novājēšana (kaheksija) un nāve.

Ievadīts organismā lielā daudzumā, varš var izraisīt eritrocītu hemolīzi un organisma nāvi. Vara toksiskā iedarbība tika novērota, izēdinot dzīvniekiem barību, kas saturēja skābes un ilgstošu laiku atradās vara traukos.

Varš uzsūcas tievajās zarnās neorganisko savienojumu veidā vai arī savienojumos ar olbaltumvielām, piemēram, vara albumināta veidā. Greimošanas traktā uzsūcas tikai neliela daļa ar barību uzņemtā vara. Uzskata, ka galvenais vara izdalīšanas avots no organisma ir žults. Niecīgā daudzumā varš izdalās arī ar pienu.

MANGĀNS

Zīdītāju dzīvnieku organismā mangāna saturs parasti nepārsniedz 0,05 mg/100 g. Vislielākā mangāna koncentrācija ir aknās, kaulos, aizkuņģa dziedzerī, aizkrūts dziedzerī (*thymus*), nierēs, bet vismazākā — plaušās. Putniem un zivīm mangāna saturs aknās, nierēs un dažos citos orgānos ir ievērojami lielāks nekā zīdītājiem.

Mangānam ir svarīga nozīme organisma augšanas un vairošanās procesos. Mangāns ietilpst vairāku fermentu, piemēram, dipeptidāžu, fosfatāžu un argināzes sastāvā, aktivizē oksidācijas un redukcijas procesus, stimulē hemoglobīna veidošanos, kā arī pastiprina insulīna darbību, tādējādi sekmējot glikozes koncentrācijas samazināšanos asinīs un glikogēna uzkrāšanos aknās. Mangānam ir svarīga nozīme kaulaudu vielu maiņas procesos. Ir arī norādījumi, ka mangāns pavājina B₁ avitaminozes simptomus un pastiprina organisma rezistenci pret infekcijas slimībām. Diennaktī dzīvniekiem ar barību jāuzņem 0,3 mg mangāna uz 1 kg dzīvmasas. Optimālā mangāna deva pieaugušiem dzīvniekiem ir 20 mg uz 1 kg izēdinātās barības. Jauniem, augošiem organismiem mangāns ir vajadzīgs lielākā devā nekā pieaugušiem dzīvniekiem.

Mangāna trūkuma rezultātā rodas anēmija, tiek traucētas vairošanās funkcijas un var pat rasties neauglība. (Sievīšiem dzīvniekiem nenotiek ovulācija, bet vīrišķiem indivīdiem atrofējas sēkliņi.) Nepietiekams mangāna saturs jaunu, augošu dzīvnieku barībā izraisa organisma augšanas un skeleta pārkaulošanās traucējumus. Tā, piemēram, cāļiem mangāna trūkums izraisa īpatnēju slimību — *perozī*, kas skar galvenokārt kāju un daļēji arī spārnu kaulus. Perozes gadījumā novēro kāju stobra kaulu saīsināšanos un pārsīnāšanos, kā arī locītavu deformācijas un līdz ar to Ahileja cīpslas stāvokļa maiņu, tādēļ slimie putni nevar staigāt. Perozes cēlonis var būt arī pārmērīga kalcija un fosfora uzņemšana ar barību, kas traucē mangāna asimilāciju organismā. Kaulu

deformācijas novērojamas arī sivēniem, kuriem izēdinātājā barībā ir nepietiekams mangāna saturs.

No organisma mangāns izdalās galvenokārt ar izkārnījumiem un nelielā daudzumā ar urīnu.

CINKS

Cinks atrodas visos orgānos un audos, un tā saturs organismā ir vidēji 2 ... 3 mg/100 g. Vislielākā cinka koncentrācija ir aknās, muskuļos, aizkuņģa dziedzerī, dzimumdziedzeros, spermā, hipofīzē un kaulos. Dažādu sugu dzīvniekiem 100 gramos asins ir 0,4 ... 0,6 mg cinka. Govs pienā cinka saturs sastāda apmēram 0,3 mg/100 g. Veciem dzīvniekiem cinka saturs organismā ir lielāks nekā jauniem.

Organismā cinks daļēji atrodas jonizētā veidā, daļēji ir saistīts ar olbaltumvielām.

Cinka svarīgākā fizioloģiskā nozīme izpaužas fermenta karboanhidrāzes darbībā, jo cinks ietilpst šī fermenta sastāvā, veidojot tā prostētisko grupu; tādēļ cinks nepieciešams audu elpošanas procesiem (karboanhidrāzei ir svarīga nozīme ogļskābās gāzes izvadīšanā no organisma). Bez tam cinks ietilpst aizkuņģa dziedzera hormona insulīna sastāvā, aktivizē vairākus fermentus, piemēram, fosfātāzes, peroksidāzi, katalāzi, kā arī hipofīzes hormonus un dzimumhormonus. Stimulējot dzimumdziedzeru funkcijas, cinks ietekmē dzīvnieku vairošanos. Ir norādījumi, ka cinks labvēlīgi ietekmē organisma augšanu un tā dzīves ilgumu.

Nepietiekams cinka saturs barībā samazina barības sagremošanas un uzsūkšanas intensitāti, pavājina vairošanās funkcijas un kavē organisma augšanu. Pilnīgs cinka trūkums barībā izraisa organisma augšanas apstāšanos un neauglību (29. att.).

Barības līdzekļos cinka saturs ir pietiekami liels, tādēļ barībā praktiski nav vajadzīgas cinka papildu devas. Cinka sāļi, nokļūstot dzīvnieku organismā pārmērīgā daudzumā, piemēram, izēdinot dzīvniekiem barību, kas ilgstoši atradusies cinkotos traukos, var izraisīt smagu saindēšanos.



29. att. Cinka trūkuma ietekme uz cāļu augšanu:

A — 4 nedēļu vecs kontroles grupas cālis, B — 4 nedēļu vecs cālis, kas nav saņēmis ar barību cinku.

Ar barību uzņemtais cinks uzsūcas tievo zarnu sākuma posmā. Cinka uzsūkšanos kavē karbonāti, kuri ar cinku zarnu himusā veido slikti šķīstošus savienojumus. Cinka lielākā daļa (apmēram $\frac{9}{10}$) izdalās no organisma caur zarnām.

JODS, BROMS UN FLUORS

Jods ietilpst vairogdziedzera hormonu sastāvā un ir šo hormonu svarīgākais komponents (sk. «Vairogdziedzera hormoni» 289. lpp.).

Joda saturs organismā nepārsniedz 0,04 mg/100 g. Lielākā daļa no organisma kopējā joda daudzuma atrodas vairogdziedzerī. Tā, piemēram, pieaugušam cilvēkam no 25 mg kopējā joda daudzuma, kāds ir organismā, 15 mg atrodas vairogdziedzerī. 100 gramos asins ir 0,01 ... 0,02 mg joda.

Jods nokļūst organismā galvenokārt ar dzeramo ūdeni (ūdens uzņem jodu, plūstot cauri jodu saturošiem iežiem). Relatīvi daudz joda ir jūras ūdenī un jūras aļģēs.

Nepietiekams joda saturs dzeramajā ūdenī un barībā izraisa vairogdziedzera hipofunkciju, kuras rezultātā var rasties miksedēma, kretinisms (sk. «Vairogdziedzera fizioloģiskā nozīme» 289. lpp.). Tādēļ arī dažos apvidos, piemēram, Alpu kalnos, kur joda saturs augsnē, ūdenī un augos ir mazāks par to minimumu, kāds nepieciešams organismam, cilvēkiem un dzīvniekiem vairogdziedzera hipofunkcija novērojama samērā bieži. Atsevišķos fizioloģiskos stāvokļos, piemēram, dzimumnobriešanas, grūsnības un laktācijas periodos, organismam vajag vairāk joda.

Joda trūkuma gadījumā mājdzīvniekiem pazeminās auglība un palielinās jaunpiedzimušo nobeigšanās. Sevišķi jutīgas pret joda trūkumu ir cūkas.

Apvidos, kur augsnē trūkst joda, jodu dzīvniekiem izēdina kopā ar barību kālija jeb nātrija jodīda veidā, piejaucot to nātrija hlorīdam (100 g KI uz 100 kg NaCl). Dzīvniekiem jodu ieteic dot šādās devās: cūkām — 0,4 mg joda uz 100 kg dzīvmasas, govīm — 1,4 ... 5 mg joda diennakti, vistām un cāļiem — 0,6 ... 1,1 mg joda uz 1 kg barības.

Ievadīts organismā pārmērīgi lielā daudzumā, jods izraisa strauju novājēšanu, gremošanas trakta gļotādu iekaisumu un citas patoloģiskas parādības.

Jods un tā savienojumi uzsūcas galvenokārt tievajās zarnās, pie tam neorganiskie joda savienojumi tiek absorbēti vieglāk nekā organiskie joda savienojumi. Neorganiskie joda savienojumi var uzsūkties arī kuņģī un caur ādu.

No organisma jods izdalās ar urīnu, sviedriem, žulti, caur kuņģa un zarnu gļotādām, kā arī ar siekalām. Laktācijas periodā jods izdalās arī ar pienu (100 g piena satur apmēram 0,002 mg joda).

Broms vienmēr ir sastopams cilvēka un dzīvnieku organismā. Ziditājiem dzīvniekiem, piemēram, suņiem, vislielākā broma koncentrācija ir hipofīzē (12,5 mg/100 g), virsnierēs (3,0 ... 5,0 mg/100 g) un galvas smadzenēs (0,5 ... 1,25 mg/100 g). Asinīs ir 0,55 ... 0,71 mg/100 g un aknās — apmēram 0,10 mg/100 g broms.

Broma deficīta simptomi dzīvnieku organismā nav novēroti. Broms atrodas visos barības līdzekļos un viegli uzsūcas gremošanas traktā. No organisma tas izdalās galvenokārt ar urīnu.

Broma sāļi (NaBr, KBr, NH₄Br), ievadīti organismā noteiktā daudzumā, stimulē iekšējā kavējuma procesus galvas smadzeņu garozā un atjauno līdzsvaru starp uzbudinājuma un kavējuma procesiem, ja šis līdzsvars ir traucēts, piemēram, stipra uzbudinājuma gadījumā. Ievadot organismā lielākus broms sāļu daudzumus, kuņģa sulā līdztekus HCl parādās arī HBr.

Fluors ir atrodams visos orgānos, audos un bioloģiskajos šķidrums. Visvairāk fluora koncentrējas zobu emaljā un kaulos, kur tā daudzums ir 10 ... 30 mg/100 g.

Asins plazmā ir 0,05 ... 0,08 mg/100 g, eritrocītos — 0,03 mg/100 g fluora. Relatīvi daudz fluora (3,5 ... 8,0 mg/100 g) ir spermā.

Kaulaudos un zobu emaljā fluors nogulsņējas galvenokārt kā kalcija fluorīda (CaF₂) veidā.

Parastajos augu un dzīvnieku valsts barības līdzekļos fluora saturs ir vidēji 0,02 ... 0,05 mg/100 g (govs piens satur 0,01 ... 0,02 mg/100 g fluora). Fluors atrodas arī dzeramajā ūdenī.

No organisma fluors izdalās galvenokārt ar urīnu.

MOLIBDĒNS UN STRONCIJS

Molibdēns ir sastopams ļoti mazā daudzumā visos dzīvnieku un cilvēka orgānos un audos. Vislielākais molibdēna saturs ir konstatēts aknās. 100 g govju un cūku aknu sausnē ir 0,15 mg, bet suņu aknu sausnē — 0,05 mg molibdēna. 100 g asins, žults un piena sausnes ir 0,003 ... 0,014 mg molibdēna.

Molibdēns ietilpst dažādu oksidācijas fermentu, piemēram, ksantīnoksīdāzes sastāvā. Molibdēnam ir svarīga nozīme arī hemoglobīna sintēzes procesā, jo tas veicina dzelzs iekļaušanu hemoglobīna sastāvā. Bez tam molibdēns stimulē vara asimilāciju organismā.

Stroncijs pastāvīgi ir atrodams visos cilvēka un dzīvnieku orgānos un audos. Stroncija nogulsnēšanās audos notiek paralēli kalcija nogulsnēšanai, tādēļ arī visvairāk stroncija ir kaulos un zobos. Tā, piemēram, cilvēkam stroncija saturs kaulaudu pelnos sastāda 0,024 %, bet pārējo audu pelnos — tikai 0,0005 %.

Līdzīgi kalcija sāļiem, šķīstošie stroncija sāļi viegli uzsūcas tievajās zarnās. No organisma stroncijs izdalās ar urīnu un caur resno zarnu gļotādu.

SILĪCIJS, HROMS UN NIĶELIS

Silīcijs Zemes garozā atrodas milzīgā daudzumā, tomēr cilvēka un augstāko dzīvnieku organismā tā saturs ir niecīgs, jo biosfēras apstākļos silīcija savienojumi grūti šķīst.

Dažiem zemākiem dzīvniekiem, piemēram, bruņurupučiem, silīcija savienojumi ir t. s. ārējā skeleta galvenā sastāvdaļa. Cilvēka un augstāko dzīvnieku organismā silīcijs koncentrējas galvenokārt epitēlijaudos un to veidojumos (matos, spalvās u. c.), kā arī saistaudos. Jādoma, ka silīcija savienojumiem ir zināma nozīme minēto audu izturībā.

Cilvēkiem, kuri strādā ar silikātu putekļiem bagātā atmosfērā, plaušu audos ar ieelpojamo gaisu iekļūst daudz silīcija, kas izraisa t. s. plaušu silikozi.

Hroma saturs organismā sastāda 10^{-4} ... $10^{-3}\%$. Literatūrā ir norādījumi, ka hroms aktivizē tripsīna darbību un labvēlīgi ietekmē asinsrades procesus.

Niķelis dzīvnieku organismā sastopams ļoti niecīgā daudzumā ($10^{-6}\%$).

Eksperimentos, kas veikti ar jūrascūciņām un kaķiem, noskaidrots, ka, ievadot šo dzīvnieku organismā 1 ... 2 mg niķeļa hlorīda, var panākt eritrocītu un leikocītu skaita palielināšanos. Ievadīts organismā lielākā daudzumā (suņiem un kaķiem 5 ... 10 mg uz 1 kg dzīvmasas), niķelis izraisa toksiskas parādības.

VITAMĪNI

Par vitamīniem sauc bioloģiski aktīvus organiskos savienojumus, kuri nepieciešami dzīvības funkciju norisēm un kuru biosintēze (ar dažiem izņēmumiem) norisinās augu valstī, tādēļ cilvēka un dzīvnieku organismam tie jāuzņem ar barību. Vitamīni ir bioloģiski aktīvi jau ļoti mazā daudzumā.

Ja barība nesatur pietiekamā daudzumā kādu vitamīnu vai arī traucēta vitamīnu asimilācija, rodas dažādi organisma funkciju traucējumi un attīstās specifiskas slimības.

Uzskata, ka galvenā vitamīnu fizioloģiskā nozīme ir tā, ka daudzi no tiem ietilpst fermentu sastāvā, veidojot fermentu prostētiskās grupas. Daži vitamīni, piemēram, antiskorbutiskais vitamīns, tieši ietekmē vielu maiņas procesus.

Tā vai cita vitamīna pilnīga trūkuma rezultātā attīstās slimības, kuras sauc par avitaminozēm. Ja organismam vienlaikus trūkst vairāku vitamīnu, rodas polivitaminoze.

Avitaminozes lopotības praksē ir sastopamas reti, biežāk novērojama saslimšana, kad daļēji trūkst kāda vitamīna. Kāda vitamīna daļēju trūkumu sauc par hipovitaminozi. Tās simptomi ir vājāk izteikti nekā avitaminozēm.

Dažu sugu dzīvniekiem atsevišķi vitamīni tiek sintezēti gremošanas traktā vai aknās, tādēļ nav vajadzības tos uzņemt ar barību. Tā, piemēram, atgremotājiem B vitamīnus bagātīgi sintezē

priekškuņģu baktērijas, bet C vitamīns veidojas pietiekamā daudzumā aknās.

Saslimstot ar avitaminozēm un hipovitaminozēm, sākumā attīstās visiem avitaminožu vai hipovitaminožu veidiem kopīgi simptomi: ēstgribas trūkums, vielu maiņas un termoregulācijas traucējumi, novājēšana, palēnināta augšana, autointoksikācija utt. Vēlāk parādās specifiskas slimības pazīmes, kas raksturīgas tikai attiecīgai avitaminozei vai hipovitaminozei.

Ja ar barību neuzņem nemaz vitamīnus, avitaminozes uzreiz neiestājas, jo organisms vēl kādu laiku izlieto vitamīnu krājumus. Šādu organisma stāvokli sauc par preavitaminozi.

Hipovitaminozes, kā arī avitaminozes var rasties ne tikai no vitamīnu nepietiekama satura vai no to trūkuma barībā, bet arī citu faktoru dēļ, piemēram, ja ir traucēta vitamīnu uzsūkšanās gremošanas traktā vai stipri pieaug to patēriņš. Tādēļ bez primārajām jeb eksogēnajām avitaminozēm un hipovitaminozēm, kam cēlonis ir vitamīnu trūkums vai to nepietiekams saturs barībā, var būt vēl sekundāras jeb endogēnas avitaminozes un hipovitaminozes, kuras izraisa paša organisma funkciju pārmaiņas un traucējumi.

Daži vitamīni (D vitamīns), ievadīti organismā pārmērīgi lielā daudzumā, izraisa saindēšanos — hipervitaminozi.

Pēc šķīdības vitamīnus iedala divās grupās: taukos šķīstošos un ūdenī šķīstošos vitamīnos. Pie taukos šķīstošajiem vitamīniem pieder A, D, E un K vitamīni, bet ūdenī šķīstošie ir B grupas vitamīni, C vitamīns u. c.

Vitamīnu kvalitatīvai un kvantitatīvai noteikšanai lieto ķīmiskās un bioloģiskās metodes. Lietojot vitamīnu bioloģiskās noteikšanas metodes, dzīvniekiem (žurkām, jūrascūciņām, baložiem u. c.) izēdina visas nepieciešamās barības vielas un vitamīnus, izņemot vienu noteiktu vitamīnu. Pēc attiecīga laika, izēdinot eksperimentālajiem dzīvniekiem izmeklējamo produktu, novēro, kāds ir šī produkta daudzums, kas pasargā dzīvniekus no saslimšanas vai izārstē tos, ja ir jau parādījušies avitaminozes simptomi.

Vitamīnu bioloģiskai noteikšanai lieto arī pelējuma un rauga sēņu, kā arī baktēriju kultūras.

A VITAMĪNS (AKSEROFTOLS)

A vitamīns nepieciešams šūnu augšanas un dališanās procesiem, tādēļ tā trūkums izraisa organisma augšanas apstāšanos. Pieaugušiem dzīvniekiem A vitamīna trūkuma rezultātā samazinās dzīvmasa.

Sevišķi svarīga A vitamīna nozīme ir epitēlijaudu normālo funkciju uzturēšanai. A avitaminozes gadījumā cilindriskais epitēlijs pārvēršas plakanaajā epitēlijā un pēc tam pārragojas. Āda un gļotādas kļūst sausas, un to epitēlija virsējās kārtas pastiprināti nolobās. Rezultātā palielinās epitēliālās barjeras caurlaidība un sa-

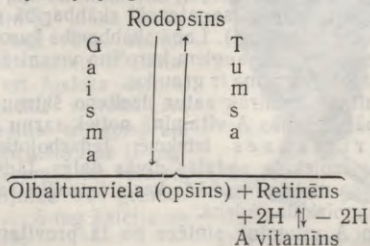
mazinās organisma rezistence. Minētās epitēlija pārmaiņas rodas ādā, gremošanas, elpošanas un uroģenitālās sistēmas orgānu gļotādās, bet visvairāk tās izpaužas asaru dziedzeros un konjunktīvā. Pārragojoties asaru dziedzeru epitēlijam, tiek pārtraukta asaru izdalīšanās, bet konjunktīvas epitēlija pārragošanās dēļ neatdalās konjunktīvas dziedzeru sekrēts. Rezultātā attīstās acs radzenes sausums — kseroftalmija (grieķiski *xeros* — sausums, *ophthalmos* — acs). Slimībai progresējot, radzene sadulķojas un kļūst neskaidra; tās centrā veidojas infiltrāts, kas, ātri palielinoties, izraisa visas radzenes sastrutojumu un nekrotisku sabrukumu — keratomalāciju (30. att.). Keratomalācijas rezultātā var rasties visas acs strutojošais iekaisums — panofthalmīts un aklums. Kseroftalmija un keratomalācija ir specifiskie A avitaminozes simptomi.



30. att. A avitaminoze gailim (keratomalācija).

A avitaminozes agrinās stadijās, kā arī A hipovitaminozes gadījumā pavājinās redzes spējas vājā apgaismojumā, krēslā — iestājas t. s. vīstas aklums, hemeralopija jeb nakts aklums. Šāda parādība izskaidrojama ar to, ka redzes purpura — rodopsīna sastāvā ietilpst A vitamīna aldehīds — retinēns. Redzes purpurs sensibilizē acs tikleni (*retina*), tādēļ tam ir svarīga nozīme acs adaptācijā tumsā. Apgaismojumā redzes purpurs sašķeļas retinēnā un obaltumvielā opsinā, bet tumsā tas resintezējas no savām sastāvdaļām.

Rodopsīna sadalīšanās procesā tiek šķelta arī daļa A vitamīna, tādēļ acs tiklenes normālai funkcionēšanai nepieciešama aizvien jaunu A vitamīna porciju piegāde.



A vitamīns ļoti vajadzīgs arī vairošanās orgānu normālai darbībai. Tā trūkuma dēļ vīrišķiem indivīdiem tiek pārtraukta spermiju veidošanās un izzūd dzimumtieksme. Sievišķiem dzīvniekiem neiestājas meklēšanās, grūsnības periodā tiek traucēta augļa attīstība un bieži vien notiek aborts. Putniem krasi samazinās olu dējība.

Līdztekus jau minētajām pārmaiņām A avitaminozes gadījumā samazinās gremošanas dziedzeru sekretoriskā darbība un bieži vien rodas kuņģa un zarnu gļotādu iekaisumi (gastrīti un enterīti).

Elpošanas ceļu gļotādu epitēlija pārragošanās rezultātā rodas laringīti, bronhīti un citas elpošanas orgānu slimības. Epidermizējoties deguna dobuma gļotādai, izzūd oža.

Urīna izvadorgānos visstiprāk pārragojas nieru blodiņu un urīnvadu gļotādu epitēlijs. Urīnpūslī un nierēs var veidoties akmeņi.

Ja ir stipri izteikta A avitaminoze, tad centrālajā nervu sistēmā rodas degeneratīvas pārmaiņas, kas izraisa motoro funkciju traucējumus (parēzes, paralīzes, krampjus).

A avitaminozes gadījumā novērojama arī pastiprināta pigmentu koncentrācija ādā, matu izkrišana un citas parādības.

Pēc ķīmiskās struktūras A vitamīns ir ciklisks, nepiesātināts vienvērtīgais spirts. Skābekļa klātbūtnē tas samērā ātri sašķeļas, turpretī bezskābekļa vidē tas saglabājas pat 120 ... 130 °C temperatūrā.

A vitamīns atrodas tikai dzīvnieku valsts produktos (dzīvnieku taukos). Bagātīgi A vitamīnu satur aknas, kur tas nogulsņējas rezerves krājumu veidā. It sevišķi daudz A vitamīna ir dažu zivju, piemēram, jūras asaru un mencu aknu taukos (zivju eļļā). Jūras asaru aknu tauki satur 37% A vitamīna.

Dzīvnieku un cilvēka organismā A vitamīns var veidoties no augu pigmentiem — karotīna un kriptoksantīna, tādēļ šos pigmentus sauc par A vitamīna provitamīniem.

Daudz karotīna satur zaļbarība, it sevišķi āboliņš un lucerna. Karotīna saturs sienā vislielākais ir tad, kad siens tiek novākts augu ziedēšanas sākumā un tas izžūst ne ilgāk kā 7 ... 9 stundās pēc nopļaušanas, jo karotīns ātri sašķeļas augu fermentu ietekmē. Jāņem vērā, ka karotīnu sašķeļ arī ultravioletie stari. Ļoti labi karotīns saglabājas pareizi sagatavotā skābbarībā (ja zāle pēc nopļaušanas nav ilgi stāvējusi). Labā skābbarībā karotīns saglabājas ilgāk nekā sienā. No sakņaugiem karotīna visvairāk ir sarkanajos burkānos. Ļoti maz karotīna ir graudos.

Kriptoksantīnu visvairāk satur dzelteno šķirņu kukurūza.

Karotīna pārvēršanās A vitamīnā notiek zarnu sienā un aknās fermenta karotīnāzes ietekmē. Iedarbojoties karotīnāzei, viena karotīna molekula sadalās divās daļās, tādējādi izveidojot divas A vitamīna molekulas. Šāda karotīna sašķeļšanās notiek, pievienojot divas molekulas ūdens.

Galējājiem A vitamīna sintēze no tā provitamīniem gandrīz

nenotiek, tādēļ tiem ir jāuzņem ar barību pietiekamā daudzumā A vitamīns.

Pavasārī un vasarā, kad govīs ar barību uzņem daudz karotīna un kriptoksantina, pienā ievērojami palielinās A vitamīna saturs.

Diennakti uz 1 kg dzīvmasas nepieciešamais karotīna daudzums (mg)

Zirgiem	15—20
Slaucamām govīm	20—30
Teļiem	20—30
Cūkām	30—35
Aitām	20—30

D VITAMĪNS [KALCIFEROLS]

D vitamīna trūkuma rezultātā jauniem, augošiem dzīvniekiem attīstās rahīts, tādēļ D vitamīnu sauc arī par antirahītisko vitamīnu.

Raksturīgākā rahīta pazīme ir kaulaudu uzbūves traucējumi, kas rodas no nepareizas minerālvielu, vispirms no nepareizas kalcija un fosfora maiņas organismā. Rahīta gadījumā kaulos nenogulsnējas pietiekamā daudzumā kalcījs un fosfors (tiek traucēta kaulu pārkaulošanās), kauli kļūst mīksti un ķermeņa masas ietekmē deformējas (31. att.). Viskrasāk pārmaiņas ir izteiktas kaula diafizes un epifīzes savienojuma vietā. Ribu galos (robežā ar skrimšļi) rodas uzbieznējumi — t. s. krelles; kaulu locītavas deformējas un kļūst neproporcionāli lielas, slikti attīstās zobi, atpaliek organisma augšana un attīstība. Ar rahītu slimo dzīvnieku kaulos ir tikai apmēram 18% kalcija sāļu (66% vietā) un skrimšļu masa palielinās no 29% līdz 70%. Asinīs salīdzinājumā ar normu ir samazināts kalcija un fosfora saturs. Normāli dzīvnieku vairākumam 100 gramos asins ir apmēram 10 mg kalcija (zirgiem līdz 15 mg/100 g) un apmēram 5 mg fosfora, bet rahīta gadījumā 100 gramos asins ir tikai 8...6 mg kalcija un 3...2 mg fosfora.



31. att. Ar rahītu slimas vistas.

D avitaminozes rezultātā var rasties arī nervu sistēmas darbības traucējumi, kas izpaužas parēžu, paralīžu un krampju veidā.

No mājdzīvniekiem rahīts visbiežāk sastopams sivēniem, kazlēniem, kucēniem un putniem, retāk teļiem un kumeljiem.

Pieaugušiem dzīvniekiem D vitamīna trūkums izraisa osteomalāciju vai osteoporozi (sk. «Kalcija un fosfora maiņa» 181. lpp.).

D vitamīns, tāpat kā A vitamīns, atrodas taukos. Daudz kalci-ferola satur zivju eļļa, tādēļ to plaši lieto rahīta profilaksei un ārstēšanai. No dzīvnieku valsts produktiem samērā daudz D vitamīna satur piens un olu dzeltenums, pie tam vasarā D vitamīna saturs šajos produktos parasti ir ievērojami lielāks nekā ziemā.

Pēc savas ķīmiskās struktūras D vitamīns ir sterīnu derivāts. Daži sterīni cilvēka un dzīvnieku organismā ultravioleto staru ietekmē spēj pārvērsties par D vitamīnu. Tā dabiskais antirahītiskais vitamīns veidojas ādā no 7-dēhidroholestērina saules vai dzīvsudraba-kvarca lampas apgaismojumā. Rahīta profilaksei un ārstēšanai tādēļ arī iesaka dzīvniekus turēt pēc iespējas vairāk saulē vai apstarot tos ar dzīvsudraba-kvarca lampu, kas izstaro ultravioletos starus.

Augu valsts barības līdzekļos (sienā) D vitamīns saules staru ietekmē var veidoties no ergostērina. Daudz D vitamīna satur parastais maize un alus raugs pēc tā apstarošanas ar ultravioletajiem stariem, tādēļ šādu apstarotu raugu ar labiem panākumiem lieto kā antirahītisko līdzekli.

Mājdzīvniekiem uz 100 kg dzīvmasas diennaktī nepieciešamas 500 ... 1500 starptautiskās vienības D vitamīna. (1000 starptautiskās vienības D vitamīna atbilst 25 μg tīra D vitamīna.)

Ievadot organismā ilgāku laiku pārmērīgi lielas D vitamīna devas (simts un tūkstsots reižu vairāk par nepieciešamo daudzumu), rodas D hipervitaminoze. D hipervitaminozes (hroniskas) gadījumā asinīs ir paaugstināts kalcija un fosforskābes sāļu saturs un iekšējos orgānos (aknās, sirdī, nierēs, muskuļos u. c.) nogulsņējas daudz kalcija sāļu, izraisot jūtamus organisma funkciju traucējumus.

E VITAMĪNS [TOKOFEROLS]

E avitaminozes gadījumā novērojami dzimumorgānu funkciju traucējumi, kuru dēļ var iestāties neauglība. Tādēļ E vitamīnu sauc arī par antisterilitātes vitamīnu jeb vairošanās faktoru.

E avitaminozes agrīnās stadijās tēviņiem rodas spermatogēneses traucējumi. Degeneratīvo pārmaiņu dēļ spermiji kļūst kroplīgi, mazkustīgi un zaudē spēju apaugļot olšūnas. Turpmākās E avitaminozes stadijās atrofējas epitēlijs un tiek pārtraukta spermas, kā arī vīrišķo dzimumhormonu izdalīšanās, tādēļ vīrišķie indivīdi zaudē dzimuminstinktu un tiem pakāpeniski izzūd sekundārās dzimumpa-

zīmes (rodas līdzīgas pārmaiņas, kādas novērojamas pēc kastrācijas). Rezultātā tēviņu dzimumfunkcijas pilnīgi pārtraucas un ilgstošas E avitaminozes gadījumā netiek atjaunotas pat tad, ja E vitamīnu dod palielinātā devā.

Mātītēm E avitaminozes gadījumā dzimumdziedzeri funkcionē normāli (normāli notiek olšūnu nogatavošanās, ovulācija un to apaugļošana), saglabājas arī dzimumrefleksi, bet grūsnības laikā embriji iet bojā, tiek uzsūkti vai rodas aborts. Laktējošiem dzīvniekiem stipri samazinās piena sekrēcija. Putniem novērojama krasa dējības samazināšanās un dīgļa nobeigšanās olā.

E avitaminozes gadījumā sievišķo indivīdu dzimumorgānos nerodas nekādas ievērojamas morfoloģiskas pārmaiņas un pietiekami lielas E vitamīna devas pilnīgi atjauno to dzimumfunkcijas.

Raksturīgs E avitaminozes simptoms ir arī muskuļu vājums, kas iestājas sakarā ar muskuļu distrofiju. Muskuļos ir traucēta vielmaiņas norise, tajos samazinās glikogēna un kreatīna saturs, sabrūk miofibrillas un novērojama arī šķērsvītrotu muskuļu nekroze.

Līdztekus pārmaiņām dzimumorgānos un muskuļaudos E avitaminozes gadījumā iestājas arī vispārēja organisma depresija, ir pavājināta ēstgriba, rodas eritropēnija, samazinās hemoglobīna saturs asinīs, parādās asiņojumi zemādā un iekšējos orgānos, iesākas aknu nekroze un nieru kanāliņu degenerācija, samazinās organisma rezistence pret lipīgām slimībām, piemēram, pret brucelozi, attīstās locītavu iekaisumi (artrīti), ādas iekaisumi (dermatīti), rodas redzes traucējumi un citas parādības.

Degeneratīvu pārmaiņu rezultātā, kas E avitaminozes gadījumā rodas centrālajā nervu sistēmā (E avitaminoze, piemēram, var izraisīt smadzeņu vielas atmieksķešanos — encefalomalāciju), iestājas kustību koordināciju traucējumi, paralīzes un krampji.

No E vitamīna trūkuma sevišķi stipri cieš jauni, augoši dzīvnieki.

E vitamīna bioloģisko aktivitāti organismā nosaka galvenokārt tā piedalīšanās oksidācijas un redukcijas procesos. Tokoferols ir nepieciešams normālai tauku maiņas norisei. Uzskata, ka tas pasargā nepiesātinātās taukskābes no oksidēšanās. Kā zināms, nepiesātināto taukskābju oksidēšanās produkti, t. i., šo skābju peroksīdi un aldehīdi, ir toksiski. Konstatēts, ka nepiesātināto taukskābju oksidatīvās noārdīšanas produktu ievadīšana organismā izraisa analogiskus dzimumfunkciju un citu funkciju traucējumus kā E avitaminoze.

Dabā E vitamīns ir plaši izplatīts, tādēļ E avitaminoze sastopama samērā reti. Daudz E vitamīna atrodas augu valsts barības līdzekļos: zaļbarībā, sienā, graudos, it sevišķi dīgstos un jaunos asnos. Visvairāk E vitamīna atrodas graudu dīgļu eļļā, īpaši kviešu dīgļu eļļā, kas satur līdz 320 mg/100 g E vitamīna.

Dzīvnieku organismā E vitamīns visvairāk uzkrājas placentā un hipofīzes priekšējā daivā, kā arī muskuļos, taukaudos, liesā,

aizkuņģa dziedzerī, aknās, nierēs un smadzenēs. E vitamīnu satur arī olu dzeltenums un piens.

E vitamīns ir izturīgs attiecībā pret skābju un bāzu iedarbību, kā arī iztur karsēšanu līdz 170 °C, turpretī bojātos taukos un ultravioleto staru ietekmē tas ātri noārdās.

Pašreiz ir zināmi 7 tokoferola izomēri, kuri nedaudz atšķiras cits no cita arī pēc bioloģiskās aktivitātes.

E vitamīnu iegūst arī sintētiski tokoferolacetāta veidā.

K VITAMĪNS (FILLOHINONS, FARNOHINONS)

K vitamīnu sauc par antihemorāģisko faktoru jeb asins sarecēšanas vitamīnu. Tas nepieciešams asins sarecēšanas fermenta protrombīna sintēzei (aktivizē protrombīna veidošanos aknās). K avitaminozes vai hipovitaminozes gadījumā asinīs samazinās protrombīna daudzums, iestājas hipotrombinēmija, un līdz ar to krasi palēninās asins sarecēšanas ātrums. Rezultātā pat niecīgi asinsvadu ievainojumi var radīt ilgstošu asiņošanu. K avitaminozes gadījumā ir traucētas arī asinsvadu endotēlija funkcijas, tādēļ var rasties asinsizplūdumi (hemorāģijas) zemādā un iekšējos orgānos. Ar K avitaminozi slimiem dzīvniekiem attīstās arī anēmija (asinīs samazinās eritrocītu daudzums un hemoglobīna saturs tajos).

K vitamīna antihemorāģiskā nozīme neaprobežojas vienīgi ar tā ietekmi uz protrombīna veidošanos. Uzskata, ka K vitamīns stimulē arī citu asins sarecēšanai nepieciešamo komponentu, piemēram, fibrinogēna veidošanos. Bez tam pēdējā laikā konstatēts, ka K vitamīns veicina audu reģenerāciju un paātrina brūču sadzīšanu.

Zīdītājiem dzīvniekiem K vitamīnu bagātīgā daudzumā sintezē resno zarnu baktērijas, piemēram, *Escherichia coli*, tādēļ K vitamīna trūkums barībā tiem neizraisa avitaminozi. Ar K avitaminozi vai hipovitaminozi zīdītāji parasti saslimst tad, ja ir traucēta K vitamīna uzsūkšanās, kas bieži vien ir saistīta ar žults atdalīšanas traucējumiem, jo taukos šķīstošais K vitamīns uzsūcas tikai savienojumā ar žultsskābēm. K avitaminoze var iestāties, arī uzņemot ilgstoši *per os* sulfanilamīdu preparātus (sulfatiazolu, sulfaguaniīdu u. c.), kuri iedarbojas bakteriostatiski uz gremošanas trakta baktērijām.

Putniem K vitamīns obligāti jāuzņem ar barību, jo putnu gremošanas traktā K vitamīns veidojas ļoti niecīgā daudzumā. (Putnu resnā zarna, kurā zarnu baktērijas sintezē K vitamīnu, ir ļoti īsa.)

Dabā K vitamīns plaši izplatīts. Ļoti daudz tā ir augu zaļajās daļās, it īpaši lapās. K vitamīnu bagātīgi satur lucerna, āboliņš, nātres, skujaš, kāposti, zaļie tomāti, kukurūzas vāļites, irbuli un driksnas, ķirbji, spināti. Dzīvnieku organismā K vitamīns nelielā daudzumā uzkrājas aknās.

K vitamīns ir termostabils un izturīgs skābā vidē, turpretī sārmainā vidē, kā arī ultravioleto staru ietekmē tas ātri sadalās.

K vitamīnam ir vairāki antagonisti, piemēram, *dikumarols* un *salicilskābe*, kas, ievadīti dzīvnieku organismā, izraisa hipoprotrombinēmiju un strauju asins sarecēšanas spēju samazināšanos.

Pazīstami divi K vitamīna veidi — K_1 un K_2 vitamīni. K_1 vitamīnu (fillohinonu) sintezē augu zaļās lapas, bet K_2 vitamīnu (farnohinonu) producē baktērijas.

B₁ VITAMĪNS [TIAMĪNS]

B₁ vitamīna trūkums organismā rada smagus nervu funkciju traucējumus, tādēļ šo vitamīnu apzīmē arī par *antineirītisko* vitamīnu jeb *aneirīnu*. B₁ avitaminoze izraisa slimību, kas jau sen ar nosaukumu «beri-beri slimība» bija pazīstama dažās austrumu zemēs (Indijā, Ķīnā, Japānā, Malajas arhipelāga salās un citur, kur uzturā lietoja daudz pulētā rīsa).

B₁ avitaminozei ļoti raksturīgas ir degeneratīvas pārmaiņas perifērajā nervu sistēmā (polineirīts), kas izraisa jušanas un kustību traucējumus, krampjus, paralīzes un muskuļu kontraktūras. B₁ avitaminozes rezultātā degeneratīvās pārmaiņas rodas arī muskuļos, gremošanas trakta gļotādā un iekšējās sekrēcijas dziedzeros.

Pirmie B₁ avitaminozes simptomi ir viegla nogurdināmība, sirds darbības traucējumi (aritmija), ēstgribas zudums, pazemināta ķermeņa temperatūra un jušanas traucējumi. Pēc tam rodas kustību traucējumi, kas saistīti ar muskuļu progresējošu vājumu un ekstremitāšu paralīzēm. Vēlu maiņas traucējumu dēļ dažos gadījumos iestājas stipra novājēšana vai veidojas tūskas. Bieži vien



32. att. B₁ avitaminoze balodim. Kakla muskuļu krampji (opisthotonuss).

novērojama pārejoša elpošanas muskuļu paralīze, ilgstoša pakauša muskuļu kontraktūra un galvas atmešana atpakaļ pie muguras (opistotonuss). Elpošanas muskuļu paralīzes dēļ var iestāties arī nāve (32. att.).

Sevišķi jutīgi pret B₁ vitamīna trūkumu barībā ir putni (baloži, vistas, pīles, zosis), tādēļ tie visbiežāk saslimst ar B₁ avitaminozi. Atgremotāji un zirgi ar B₁ avitaminozi saslimst ļoti reti, jo baktērijas, kas mitinās šo dzīvnieku gremošanas traktā (priekškuņģos un resnajās zarnās), sintezē B₁ vitamīnu bagātīgā daudzumā. Cilvēka un dzīvnieku organismā B₁ vitamīns nepieciešams galvenokārt intermediārās ogļhidrātu maiņas normālām norisēm. B₁ avitaminozes un hipovitaminozes gadījumā ir traucēta ogļhidrātu anaerobā noārdīšanās un organismā uzkrājas pirovīnogskābe, ketoglutārskābe un citi glikolīzes starpprodukti, kas saindē organismu un izraisa tā funkciju traucējumus.

B₁ vitamīns (tiamīna pirofosforskābais esteris) ir karboksilāzes un pirovīnogskābes dehidrogenāzes koferments. Abi minētie fermenti katalizē ketoskābju un pirmām kārtām pirovīnogskābes oksidēšanu (dehidrēšanu).

Pirovīnogskābe, kā zināms, ir ne tikai ogļhidrātu maiņas, bet arī olbaltumvielu un tauku intermediārās maiņas starpprodukts, tādēļ B₁ avitaminozes gadījumā ir traucēta arī olbaltumvielu un tauku maiņa.

Ja dzīvnieks slimo ar B₁ avitaminozi, sevišķi stipri vielu maiņas traucējumi attīstās nervaudos, un tādēļ B₁ avitaminozes klīniskā aina viskrasāk izpaužas nervu sistēmas funkciju traucējumos.

Nervaudiem B₁ vitamīns nepieciešams ne tikai pirovīnogskābes noārdīšanai, bet arī acetilholīna saglabāšanai, jo B₁ vitamīns nomāc holīnesterāzes darbību, kura sašķeļ acetilholīnu. (Acetilholīns, kā zināms, piedalās uzbudinājumu pārvadīšanā sinapsēs.)

Dabā B₁ vitamīns ir plaši izplatīts. Vislielākā daudzumā tas atrodas alus raugā (līdz 7 mg/100 g). Daudz B₁ vitamīna satur arī labības graudi, pie tam dažos graudos (kviešu, kukurūzas, rīsa) tas atrodas galvenokārt apvalkos vai arī dīgļos, turpretī citos graudos (rudzu) ir sadalīts vienmērīgi pa visu grauda masu. Bagātīgā daudzumā B₁ vitamīnu satur arī burkāni, kāposti, bietes un daudzi citi augu valsts barības līdzekļi. No dzīvnieku valsts produktiem visvairāk B₁ vitamīna ir pienā un olas dzeltenumā. Dzīvnieku organismā B₁ vitamīna (pareizāk, tā pirofosforskābā estera) visvairāk ir aknās, nierēs, muskuļaudos un smadzenēs.

B₁ vitamīna ķīmiskās struktūras pamatā ir pirimidīna un tiazola gredzeni. Par tiamīnu B₁ vitamīns nosaukts tādēļ, ka tā sastāvā ietilpst sērs un aminogrupa. Tiamīns bija pirmais vitamīns, ko ieguva tīrā veidā.

B₁ vitamīns ir samērā termostabils (iztur karsēšanu līdz 120 °C). Skābā vidē tas ir izturīgāks nekā sārmainā vidē.

Mājputniem (vistām, pīlēm, zosīm) vajag vismaz 0,16 mg B₁ vitamīna uz 100 g izēdinātās barības, suņiem un sudrablapsām —

apmēram 0,075 mg uz 100 g izēdinātās barības, cūkām — 0,02 ... 0,04 mg B₁ vitamīna uz 1 kg dzīvmasas diennaktī. Pieaugušam cilvēkam diennaktī jāuzņem ne mazāk kā 2 mg B₁ vitamīna. Uzņemot ar barību lielākus ogļhidrātu daudzumus, kā arī pastiprinoties to noārdīšanai (muskulu darbā, drudža stāvoklī utt.), pieaug B₁ vitamīna patēriņš. Aizstājot lielāko daļu barības ogļhidrātu ar taukiem, B₁ vitamīna patēriņš organismā samazinās. Vajadzība pēc B₁ vitamīna strauji pieaug stiprās sāpēs. Tā kā organismā B₁ vitamīns neuzkrājas kaut cik ievērojamos daudzumos, tas sistēmātiski ir jāuzņem ar barību. Ievadot organismā pārmērīgi lielā devā B₁ vitamīnu, tas izdalās ar urīnu.

B₂ VITAMĪNS [RIBOFLAVĪNS, LAKTOFLAVĪNS]

B₂ avitaminozes simptomu kompleksu sauc par a r i b o f l a v i n o z i. Raksturīgākie B₂ avitaminozes simptomi ir ausu elpošanas intensitātes samazināšanās un trofiskas pārmaiņas redzes orgānos, mutes dobuma gļotādā, ādā un nervu sistēmā. Jauniem, augošiem dzīvniekiem B₂ vitamīna trūkums izraisa augšanas un organisma attīstības apstāšanos.

B₂ avitaminozes gadījumā rodas konjunktivīts, keratīts (radzenes iekaisums) un katarakta (lēcas sadalģojums), mutes dobuma un lūpu gļotādas iekaisums (sevišķi raksturīgs simptoms ar B₂ avitaminozi slimiem cilvēkiem), matu izkrišana, dermatīti (ādas iekaisumi), ekstremitāšu parēzes un paralīzes (kā sekas no degeneratīvām pārmaiņām nervos), gremošanas trakta darbības traucējumi (vemšana, caureja), ķermeņa temperatūras pazemināšanās, sirds darbības traucējumi, anēmija, stipra novājēšana un citas patoloģiskas parādības. B₂ avitaminozei turpinoties, rodas komatozs stāvoklis, un dzīvnieks nobeidzas.

Ja dzīvnieks slimo ar B₂ avitaminozi vai hipovitaminozi, bieži vien samazinās organisma rezistence pret infekcijas slimībām (it sevišķi pret stafilokoku un streptokoku infekcijām).

No mājdzīvniekiem ar B₂ avitaminozi visbiežāk saslimst putni un cūkas, retāk suņi. Atgremotāji un zirgi (izņemot jaunus dzīvniekus pirmajā attīstības periodā) neslimo ar B₂ avitaminozi vai hipovitaminozi, jo šo dzīvnieku gremošanas trakta mikroflora sintezē ļoti daudz B₂ vitamīna, tādēļ tas pēc uzsūkšanās daļēji pat izdalās no organisma ar urīnu un pienu. Teļiem un kumelīem B₂ avitaminoze dažreiz var rasties piena periodā, ja tie nesauņem ar pienu pietiekamā daudzumā B₂ vitamīnu. (Teļiem un kumelīem piena periodā nenotiek B₂ vitamīna mikrobiālā sintēze gremošanas traktā.)

B₂ vitamīns dabā ir ļoti plaši izplatīts. Vislielākā daudzumā tas atrodas raugā (sausais alus raugs satur 4 ... 5 mg/100 g riboflavīna) un aknās. Relatīvi daudz B₂ vitamīna ir zaļbarībā, klijās, labā sienā (pāraudzis vai ļoti izmircis siens B₂ vitamīnu nesatur

gandrīz nemaz), burkānos, gaļas miltos, olās (galvenokārt olu dzeltenumā), pienā (arī vājpienā) un dažos citos produktos. B₂ vitamīns parasti atrodas savienojumā ar olbaltumvielām (brīvā veidā sastopams tikai pienā un acs tīklenē).

Tīrā veidā B₂ vitamīns ir dzeltena kristāliska viela, kas ļoti labi šķīst ūdenī. Vārīšanās temperatūrā, sārmainos šķīdumos, kā arī ultravioleto staru ietekmē B₂ vitamīns pārvēršas bioloģiski neaktīvos savienojumos.

Pēc ķīmiskās struktūras B₂ vitamīns ir izoaloksazīna derivāts jeb flavīna (dzeltenā izoaloksazīna) pigmenta savienojums ar piecvērtīgo spirtu ribitolu; no tā radies nosaukums riboflavīns. B₂ vitamīna galvenā bioloģiskā nozīme ir tā, ka tas ietilpst flavīnfermentu (flavoproteīnu) prostētiskās grupas sastāvā, tādēļ tas ļoti nepieciešams audu elpošanas procesiem. Flavīnfermenti, piemēram, citohromoksidāze jeb Varburga dzeltenais elpošanas ferments, diaforāze un citohromreduktāze darbojas kā ūdeņraža pārnēsētāji dehidrēšanas reakcijās un līdz ar to izpilda ļoti svarīgu lomu oksidācijas un redukcijas procesos.

Uz katriem 100 kg barības cūkām ir jāuzņem 1,2 ... 2,3 mg B₂ vitamīna, putniem — 0,3 ... 0,4 mg un suņiem — 1,5 ... 2,5 mg B₂ vitamīna. Pieaugušam cilvēkam diennaktī ir jāuzņem ne mazāk par 2 mg B₂ vitamīna.

B₆ VITAMĪNS (PIRIDOKSĪNS, ADERMĪNS)

B₆ avitaminozes klīniskā aina pirmo reizi tika izpētīta žurkām. B₆ vitamīna trūkums žurku barībā izraisa simetrisko dermatītu, kas stipri atgādina dermatītu pelagras gadījumā, bet nav izārstējams ar anti-pelagrisko PP vitamīnu. Āda uz ķepām, ausīm, degungala, astes un ap acīm piesarkst un pietūkst. Pēc tam šajās vietās izkrīt apmatojums un sākas intensīva ādas lobišanās. Āda kļūst sausa, atrofiska un atgādina plānu pergamentu. Attīstās ādas nekroze, strutojošais konjunktivīts un, slimībai progresējot, dzīvnieks nobeidzas.

B₆ avitaminozes gadījumā notiek liesas un limfātiskā aparāta atrofija, asinīs samazinās eritrocītu un leikocītu daudzums, rodas aknu taukainā deģenerācija.

No mājdzīvniekiem pret B₆ vitamīna trūkumu barībā visjutīgākie ir cāļi. B₆ avitaminozes gadījumā tiem zūd ēstgriba, palēninās augšana, saveļas apspalvojums, novērojamas spastiskas paralīzes un krampji.

B₆ vitamīnu bagātīgi satur daudzi augu un dzīvnieku valsts produkti. Visvairāk B₆ vitamīna atrodas raugā, kviešu dīgļos, kliņģās, pupās, zaļbarībā, kā arī aknās, nierēs un muskuļos.

B₆ vitamīns ir izturīgs pret karsēšanu, kā arī pret sārmu un skābju iedarbību. Gaismas (it īpaši ultravioleto staru) ietekmē tas ātri sašķeļas.

Uz 1 kg barības vistām ir jāuzņem apmēram 2 mg, cāļiem — 3...5 mg piridoksīna, bet sivēniem — 1 mg uz 1 kg barības sauses. Zālēdāju dzīvnieku organismā B₆ vitamīnu pietiekamā daudzumā sintezē gremošanas trakta baktērijas.

B₁₂ VITAMĪNS [ANTIANĒMIJAS VITAMĪNS, CIĀNKOBALAMĪNS]

Raksturīgākais B₁₂ avitaminozes simptoms ir ļaundabīgā (perniciozā) anēmija. Ja dzīvnieks saslimst ar šo anēmiju, asinīs ir samazināts hemoglobīna daudzums un eritrocītu skaits. Sarkanajās kaulu smadzenēs lielā daudzumā uzkrājas negatīvie asins formelemti. Attīstās megaloblastiskais (embrionālais) asinsrades tips, un asinīs lielākā skaitā parādās makrocīti un megalocīti. Novērojama arī leukopēnija un trombocitopēnija.

Ļaundabīgās anēmijas gadījumā B₁₂ vitamīna terapeitiskais efekts izpaužas tikai tad, ja to ievada parenterāli. Normālos apstākļos kuņģa sula satur olbaltumvielu gastromukoproteīnu (iekšējo antianēmisko faktoru), kas savienojas ar B₁₂ vitamīnu (ārējo antianēmisko faktoru) un nodrošina tā uzsūkšanos. (Gastromukoproteīns aizsargā B₁₂ vitamīnu no zarnu trakta baktērijām, kuras nesaistīto ciānkobalamīnu ļoti intensīvi patērē savām vajadzībām.) Ar ļaundabīgo anēmiju slimo organismu kuņģa sulā trūkst gastromukoproteīna, tādēļ visu *per os* uzņemto B₁₂ vitamīnu izlieto zarnu baktērijas.

B₁₂ vitamīna sastāvā ietilpst kobalts (4,5%) un —CN grupa. Tas ir vienīgais vitamīns, kura molekulā ietilpst metāls. Neitrālā un skābā vidē B₁₂ vitamīns ir samērā termostabils (iztur 100 °C temperatūru).

B₁₂ vitamīns atrodas galvenokārt dzīvnieku valsts produktos. Sevišķi daudz ciānkobalamīna satur aknas.

Lielā daudzumā B₁₂ vitamīnu sintezē atgremotāju priekškuņģu baktērijas. Ja atgremotāji ar barību neuzņem pietiekami daudz kobalta, ciānkobalamīna biosintēze priekškuņģos strauji samazinās.

Ļoti bagātīgi B₁₂ vitamīnu sintezē augsnes baktērijas, kā arī dažas aktinomicētes, piemēram, *Actinomyces aureofaciens*, *Actinomyces olivaceus* u. c.

B₁₂ vitamīna mikrobiālā sintēze notiek arī skābbarībā. Ciānkobalamīna saturu skābbarībā var ievērojami palielināt, pievienojot uz 100 gramiem ieskābējamās masas 0,1 mg kobalta.

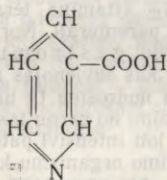
PP VITAMĪNS [NIKOTĪNSKĀBE, NIACĪNS, NIKOTĪNSKĀBES AMĪDS]

No mājdzīvniekiem ar PP avitaminozi var saslimt cūkas, suņi un putni. Raksturīgākie PP avitaminozes simptomi ir dermatīti, stomatīti (mutes dobuma gļotādas iekaisumi), anacīdie gastrīti un caurejas. Novērojama arī matu un spalvu izkrišana un novājēšana.

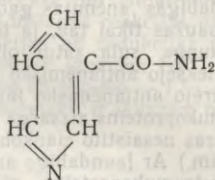
PP vitamīna deficīts cilvēku uzturā izraisa slimību, ko sauc par pelagru (itāļiski *pelle agra* — raupja āda). Slimības sākumā iestājas pastiprināta siekalu sekrēcija un caureja. Pēc tam novērojama simetriska ādas laukumiņu piesarkšana (galvenokārt uz rokām, uz kakla un uz kāju pēdām), pūslīšu veidošanās un čūlošana pārplisušo pūslīšu vietā. Āda šajās vietās kļūst stipri pigmentēta un raupja (nelīdzena). Arī pēc iekaisuma pārēkļa sadzīšanas vēl ļoti ilgi saglabājas ādas tumšā krāsa un nelīdzenumi uz tās. Novērojami arī centrālās nervu sistēmas darbības traucējumi. Ja pelagra netiek ārstēta, iestājas nāve.

Antipelagriskā vitamīna īpašības piemīt kā nikotīnskābei, tā arī tās amīdam.

Pēc ķīmiskās struktūras nikotīnskābe ir piridīna derivāts, t. i., piridīnkarbonskābe. Nikotīnskābe un tās amīds ir ļoti izturīgi pret dažādu fizikālo un ķīmisko faktoru iedarbību.



Nicotīnskābe



Nicotīnskābes amīds

Nicotīnskābes amīds ietilpst kodehidrāžu (kodehidrāzes I un kodehidrāzes II) sastāvā. Kodehidrāzes katalizē audu elpošanas procesus, tādēļ PP vitamīniem ir svarīga nozīme glikolīzes un proteolīzes procesos, kā arī hemopoēzē. PP vitamīns nodrošina normālu gremošanas trakta un nervu sistēmas darbību, regulē ādas trofiku un citas organisma funkcijas.

PP vitamīns ir ļoti plaši izplatīts kā augu, tā arī dzīvnieku valsts produktos, tādēļ PP avitaminoze ir reta parādība. Dzīvnieku organismā PP vitamīns vislielākā daudzumā atrodas aknās, nierēs, smadzenēs, zarnu trakta sienā, sirds muskulī, t. i., tajos orgānos, kur visintensīvāk notiek oksidācijas un redukcijas procesi. No augu valsts produktiem visvairāk PP vitamīna (nikotīnskābi vai tās amīdu) satur labības (miežu, kviešu, rudzu, rīsa) graudi (30 ... 130 mg/100 g). Daudz PP vitamīna ir raugā (40 ... 100 mg/100 g). Samērā maz PP vitamīna ir kukurūzas graudos, augļos un sakņaugos. Arī piens ir nabadzīgs ar PP vitamīnu, turpretī pienā ir daudz triptofāna, no kura organismā var veidoties nikotīnskābe. PP vitamīnu attiecīgā daudzumā sintezē gremošanas trakta baktērijas, it sevišķi bagātīgi tas veidojas atgremotāju priekškuņģos.

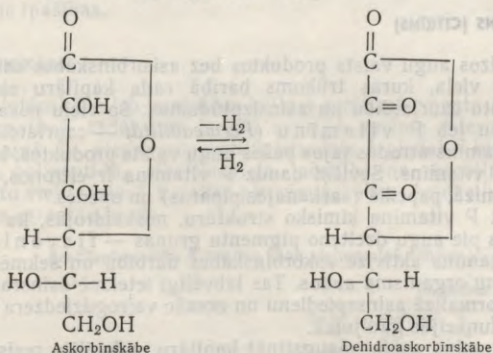
Cūkām nepieciešami 11 ... 12 mg PP vitamīna uz 100 kg dzīvmasas dienakti, cāļiem — 2,5 mg uz 100 g barības. Cilvēkam dienaktī jāuzņem 15 ... 25 mg PP vitamīna.

C VITAMĪNS [ASKORBĪNSKĀBE]

Mājdzīvniekiem C avitaminoze un hipovitaminoze ir reta parādība, jo tiem C vitamīns tiek sintezēts organisma audos. Izejviela askorbīnskābes biosintēzei ir glikoze. Atsevišķos gadījumos C vitamīna biosintēzes pavājināšanās dēļ C avitaminoze (biežāk hipovitaminoze) var rasties kažokzvēriem, suņiem, cūkām, teļiem, mājputniem, kā arī zirgiem (Z. Manēvičs). Uzskata, ka C vitamīna biosintēze organisma audos samazinās A avitaminozes un hipovitaminozes gadījumā. C vitamīns nemaz nesintezējas cilvēka, pērtiķu un jūrascūciņu organismā.

Slimība, ko rada C vitamīna trūkums cilvēka uzturā, ir pazīstama jau sen ar nosaukumu cinga (skorbuts).

Pēc garšas askorbīnskābe atgādina citronskābi, bet pēc savas ķīmiskās struktūras — cukurus (heksozes). Organismā askorbīnskābe ļoti ātri oksidējas un reducējas, tādēļ tai ir ļoti svarīga nozīme oksidācijas un reducācijas procesos.



Atšķirībā no citiem vitamīniem askorbīnskābe ir ļoti neizturīgs savienojums un viegli noārdās skābekļa un gaismas ietekmē, kā arī karsējot (virs 50°C temperatūras) neitrālā vai sārmainā vidē, it sevišķi smago metālu sāļu klātbūtnē. Sārmainā vidē C vitamīna noārdīšanās sākas jau istabas temperatūrā. Nedaudz izturīgāka askorbīnskābe ir skābā vidē.

C vitamīnu bagātīgi satur zāle, dārzeņi, skābbarība un citi augu valsts produkti. Sevišķi daudz C vitamīna ir mežrožu augļos (250...1400 mg/100 g), citronos (līdz 100 mg/100 g), koku (bērzu, liepu, pīlādžu u. c.) lapās un svaigās skujās. Dzīvnieku organismā vislielākais C vitamīna saturs ir hipofīzes priekšējā daivā (160 mg/100 g), dzeltenajā ķermenī (115 mg/100 g), virsnierēs (40...110 mg/100 g) un aknās (20...70 mg/100 g). Organismā netiek veidoti C vitamīna rezerves krājumi, un, uzņemot lielākus

tā daudzumus ar barību, C vitamīns pastiprināti izdalās ar urīnu un sviedriem (laktējošiem dzīvniekiem arī ar pienu).

Raksturīgākais C avitaminozes simptoms ir asinsvadu (it īpaši kapilāru) sienu bojājumi un paaugstināta to caurlaidība. Rezultātā rodas asinsizplūdumi dažādos orgānos un audos (smadzeņu apvalkos, pleirā, muskuļos, locītavās, ādā, zemādas saistaudos, gļotādās u. c.). Sevišķi raksturīgi ir asiņojumi smaganās, kuras pietūkst un pārklājas ar nekrotiskām vātim.

Askorbīnskābe pastiprina organisma rezistenci pret infekcijas slimībām, sekmē brūču sadzišanu un samazina dažādu toksīnu un ārstniecības vielu nelabvēlīgo ietekmi uz organismu.

Organisma vajadzība pēc C vitamīna ievērojami palielinās smagā darbā, grūsnības un laktācijas periodos, kā arī intoksikāciju, infekcijas slimību, diabēta un dažu citu patoloģisku stāvokļu gadījumos.

P VITAMĪNS (CITRĪNS)

Daudzos augu valsts produktos bez askorbīnskābes sastopama vēl cita viela, kuras trūkums barībā rada kapilāru sienu paaugstinātu caurlaidību un asinsizplūdumus. Šo vielu nosauca par citrīnu jeb P vitamīnu (*Permeabilitāt* — caurlaidība).

P vitamīns atrodas tajos pašos augu valsts produktos, kuros atrodas C vitamīns. Sevišķi daudz P vitamīna ir citronos, it īpaši citronu mizā, paprikā (sarkanajos piparos) un upenēs.

Pētot P vitamīna ķīmisko struktūru, noskaidrojās, ka tas piešķaitāms pie augu dzelteno pigmentu grupas — flavoniem.

P vitamīns aktivizē askorbīnskābes darbību un sekmē tās saglabāšanu organisma audos. Tas labvēlīgi ietekmē asinsrades procesus, normalizē asinsspiedienu un nomāc vairogdziedzera darbību tā hiperfunkcijas gadījumā.

P vitamīna spēju paaugstināt kapilāru endotēlija rezistenci ar labiem panākumiem izmanto nefritu, poliartrītu, peritonītu un citu slimību ārstēšanā, kas saistītas ar kapilāru pastiprinātu caurlaidību.

Organismā P vitamīnu parasti ievada kopā ar C vitamīnu.

H VITAMĪNS (BIOTĪNS)

H avitaminoze izraisa ādas blaugznošanos, dermatītu, matu vai spalvu izkrišanu, ādas tauku pastiprinātu sekrēciju — seborēju, garšas kārpiņu atrofiju, ēstgribas zudumu, stipru miegainību un dažreiz arī ekstremitāšu paralizes.

Biotīns dabā ir ļoti plaši izplatīts, tādēļ H avitaminoze un hipovitaminoze ir retas parādības.

Daudz biotīna ir augu valsts produktos (it sevišķi zirņos, pupās, tomātos, burkānos u. c.). Biotīnu bagātīgi sintezē arī rauga sēnes un gremošanas trakta baktērijas. No dzīvnieku valsts produktiem biotīnu visvairāk satur aknas (0,1 mg/100 g), nieres, piens (0,05 mg/100 g) un olas dzeltenums.

Biotīns ir izturīgs pret vārīšanu un labi saglabājas kā sārmainā, tā arī skābā vidē. Ultravioleto staru ietekmē tas ātri inaktivējas.

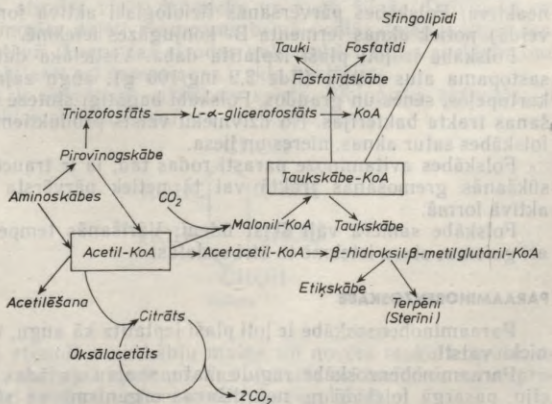
Pēc ķīmiskās struktūras biotīns ir cikliska skābe (imidazola un tiofēna derivāts), kuras molekulā ietilpst slāpekļlis un sērs.

Novērots, ka, izēdinot dzīvniekiem (putniem, kažokzvēriem) ilgstoši un lielā daudzumā nevārītu (jēlā veidā) olas baltumu, atīstās tipiska H avitaminoze. Izrādās, ka olas baltuma glikoproteīds **a v i d ī n s** saista biotīnu, veidojot kompleksveida savienojumu — **b i o t ī n a v i d ī n u**, kas nešķīst ūdenī, neuzsūcas un ir bioloģiski neaktīvs. Tādējādi avidīnu var uzskatīt par **a n t i v i t a m ī n u**. Avidīns ir termolābils savienojums un, olas vārot, zaudē savas antivitamīna īpašības.

PANTOTĒNSKĀBE

Pantotēnskābe jeb pantotēns ietilpst acetilkofermenta A (acetil-KoA) sastāvā, tādēļ tam ir ļoti svarīga nozīme intermedijārā vielu maiņā. Tā, piemēram, acetilkoferments A piedalās taukskābju, sterīnu, polipeptīdu, olbaltumvielu, acetilholīna, karotinoīdu un dažu citu vielu sintēzē, katalizē pirovīnogskābes oksidāciju, stimulē glikozes asimilāciju utt.

Acetilkofermenta A nozīme sūnu vielu maiņā (shēma)



Pantotēnskābes avitaminozes — apantotenozes gadījumā novērojami dažādi simptomi. Raksturīgākie no tiem ir dermatīti, asiņojumi zemādas saistaudos, matu un spalvu depigmentācija (ahromotrihija) un izkrišana (alopēcija), vāja ēstgriba, augšanas apstāšanās, strauja novājšana, kuņģa un zarnu čūlas, virsniņu atrofija un nekroze, nervu sistēmas deģeneratīvas pārmaiņas, kustību koordināciju traucējumi, neiriti, paralizes, krampji. Noskaidrots (eksperimentos ar žurkām), ka, trūkstot organismā pantotēnskābei, nenotiek normāla olšūnas implantācija un embrijs resorbējas.

Pantotēnskābe ir ļoti plaši izplatīta dabā. Tā sastopama visos barības līdzekļos. Visvairāk pantotēnskābes satur alus raugs (līdz 20 mg/100 g) un olas dzeltenums (7 ... 12,5 mg/100 g). Pantotēnskābe bagātīgi sintezējas augu zaļajās daļās, kur tās saturs sastāda 2,5 ... 7,5 mg/100 g. To sintezē arī gremošanas trakta baktērijas.

Cūkām diennaktī uz 100 g dzīvmasas vajag 18 ... 25 mg pantotēnskābes, vistām — 1,5 ... 2 mg pantotēnskābes uz 100 g barības.

FOLSKĀBE

Ja organismā trūkst folskābes, attīstās anēmija, apstājas organisma augšana, iekaist mutes dobuma gļotāda un novērojami arī nervu funkciju traucējumi.

Folskābe stimulē un regulē hemoglobīna, kā arī eritrocītu, leikocītu un trombocītu veidošanos, sekmē B₁₂ vitamīna asimilāciju un aktivizē holīnesterāzes darbību. Folskābe piedalās metilgrupu sintēzē un pārvešanā, tādēļ tai ir svarīga nozīme holīna, metionīna un dažu citu vielu veidošanās procesos.

Barības līdzekļos folskābe atrodas saistītā veidā un ir bioloģiski neaktīva. Folskābes pārvēršanās fizioloģiski aktīvā formā (brīvā veidā) notiek aknās fermenta B₆ konjugāzes ietekmē.

Folskābe ir ļoti plaši izplatīta dabā. Vislielākā daudzumā tā sastopama alus raugā (līdz 2,2 mg/100 g), augu zaļajās lapās, kartupeļos, sēnēs un graudos. Folskābi bagātīgi sintezē arī gremošanas trakta baktērijas. No dzīvnieku valsts produktiem visvairāk folskābes satur aknas, nieres un liesa.

Folskābes avitaminoze parasti rodas tad, ja ir traucēta tās uzsūkšanās gremošanas traktā vai tā netiek pārvērsta bioloģiski aktīvā formā.

Folskābe samērā vāji šķīst ūdenī. Vārīšanās temperatūrā, kā arī gaismas staru ietekmē tā ātri sadalās.

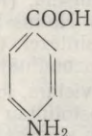
PARAAMINOBENZOSKĀBE

Paraaminobenzoskābe ir ļoti plaši izplatīta kā augu, tā arī dzīvnieku valstī.

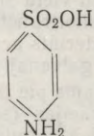
Paraaminobenzoskābe regulē matu, spalvu un ādas pigmentāciju, pasargā folskābi no noārdīšanas organismā un stimulē citu

vitamīnu, piemēram, pantotēnskābes bakteriālo sintēzi gremošanas traktā. Paraaminobenzoskābe ir daudzu baktēriju, to skaitā arī patogēno (pneimokoku, meningokoku u. c.) augšanas faktors.

Pēc ķīmiskās struktūras paraaminobenzoskābe atgādina sulfanilskābi. (Vienīgā atšķirība ir tā, ka paraaminobenzoskābe satur —COOH grupu sulfanilskābē ietilpstošās —SO₂OH grupas vietā.)



Paraaminobenzoskābe



Sulfanilskābe

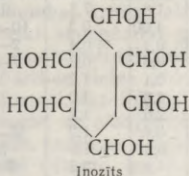
Sulfanilamīdu preparāti (sarkanais un baltais streptocīds, sulfidīns, sulfatiazols, prontosils u. c.), kā zināms, ir sulfanilskābes (sulfanilamīda) derivāti.

Sulfanilskābes ķīmiskās struktūras līdzība ar paraaminobenzoskābi nosaka sulfanilamīdu preparātu antibakteriālās īpašības. Uzskata, ka sulfanilamīdi savienojas ar tām pašām baktēriju olbaltumvielu ķīmiskajām grupām kā paraaminobenzoskābe. Saistot sulfanilamīdus, baktērijas savām vajadzībām nevar izmantot paraaminobenzoskābi, tādēļ tiek traucēti baktēriju šūnu proteolītiskie procesi un tās iet bojā.

INOZĪTS

Inozīts atrodas visās dzīvnieku un augu šūnās. Dzīvnieku organismā inozīts daļēji sastopams brīvā veidā, daļēji ietilpst fosfatīdu sastāvā. Augos tas atrodas galvenokārt fitīna sastāvā. Inozītu spēj sintezēt arī gremošanas trakta baktērijas.

Inozīts ir sešvērtīgs cikliskais spirts. Bioloģiskā aktivitāte ir tikai optiski neaktīvam inozītam (mezoinozītam).



Inozīts stimulē taukskābju maiņu un novērš tauku uzkrāšanos aknās, t. i., darbojas lipotropi. Tas piedalās arī trofiskos nervu procesos, kā arī kuņģa un zarnu motorikas regulācijā.

HOLĪNS

Holīns atrodas visās dzīvnieku organisma šūnās un piedalās svarīgākajos intermedijārās vielu maiņas procesos. Vislielākā nozīme holīnam ir lipīdu maiņā.

Holīns ir viens no metilgrupu donoriem, tādēļ tas spēj nodrošināt daudzu svarīgu vielu sintēzi organismā. (Pēc ķīmiskās struktūras holīns ir etanoltrimetilamonijs.) Holīns ietilpst lecīta sastāvā un ir izejmateriāls acetilholīna sintēzei. (Acetilholīns, kā zināms, ir viens no galvenajiem nervu uzbudinājuma mediatoriem.)

Holīns pieskaitāms pie lipotropām vielām, jo pasargā aknas no taukainās deģenerācijas (sekmējot fosfolipīdu sintēzi) un asinsvadus no holesterīna nogulsnešanās to sienās. Bez tam holīns papīrina gremošanas trakta muskulatūras tonusu.

Holīns tiek sintezēts organisma audos no metionīna un kolamīna. Tomēr šī biosintēze nespēj pilnīgi apmierināt organisma prasības pēc holīna, tādēļ holīns attiecīgā daudzumā ir jāuzņem ar barību.

Dzīvniekiem ir jāuzņem ar barību 30 ... 50 mg holīna uz 1 kg dzīvmasas diennaktī. Palielinoties barībā tauku un sterīnu saturam, pieaug arī diennaktī vajadzīgā holīna daudzums.

Labs holīna avots ir olu dzeltenums, gaļa (it īpaši aknas), raugs, graudi, kartupeļi, bietes un daudzi citi dzīvnieku un augu valsts produkti.

23. tabula

B grupas vitamīnu saturs dažādos barības līdzekļos (mg/kg)

Barības līdzekļi	Tiamīns	Rīboflavīns	Nikotīnskābe	Pantotēnskābe	Holīns
Sarkanā āboliņa un lucernas zāle	10	2—4	5	2	80
Sarkanā āboliņa siens	1,3	6,8	28	12	600
Lucernas siens	1,6	7,3	19	15	700
Kartupeļi	1,00	0,3	10—15	4—6	20
Cukurbietes	0,1	0,4	2—3	1,3	300
Burkāni	0,6	0,3	7—10	1—2	50
Miežu graudi	0,1	1,2	30	7	800
Auzu graudi	4,3	1,0	10	10	900
Rudzu graudi	2,6	1,2	10	10	450
Kukurūzas graudi	3,0	1,2	15—20	5	400
Zirņi	8,5	1,5	30	20	160—2600
Kviešu klijas	4,9	2,3	200	25	1300
Linsēklu rauši	7,2	4,4	40	12	—
Vājpiens	0,4	1,5	1—2	2,4	—
Gaļas-kaulu milti	0,2	2—5	45	35	2000
Zivju milti	0,4	5—7	60	9—17	3000
Lopbarības raugs	18,0	20—50	200—300	50—100	2500—4000
Alus raugs	68,0	45,0	475,0	151,0	—

ENERĢIJAS MAIŅA

Barības vielu (olbaltumvielu, tauku un ogļhidrātu) potenciālā enerģija, kas atbrīvojas bioķīmiskajās reakcijās, pārvēršas siltuma, mehāniskajā, elektriskajā enerģijā un dažos citos enerģijas veidos. Siltuma enerģijā pāriet apmēram 75% atbrīvotās enerģijas, mehāniskajā darbā — 20...25%. Enerģijas maiņas galarezultātā visi enerģijas veidi organismā pārvēršas siltuma enerģijā, kas tiek atdota apkārtējai videi.

Enerģijas maiņai, kas notiek dzīvā organismā, ir raksturīgs tas, ka siltuma enerģija nekad nepārvēršas mehāniskajā darbā.

Tā kā enerģijas maiņas galarezultātā organismā veidojas siltums, tad visu enerģijas daudzumu, kas rodas organismā, var aprēķināt, nosakot siltuma daudzumu, ko organisms atdod apkārtējai videi. Pēc siltuma daudzuma, kas rodas organismā un tiek atdots apkārtējai videi, var spriest par dzīvības procesu intensitāti.

Attiecību starp enerģijas daudzumu, ko organisms uzņem ar barību, un enerģijas daudzumu, ko organisms atdod apkārtējai videi, sauc par organisma enerģētisko bilanci.

Organisma enerģētiskās bilances noteikšanai ir ļoti svarīga nozīme barības devu sastādīšanā un zinātniski pamatotā lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšanā.

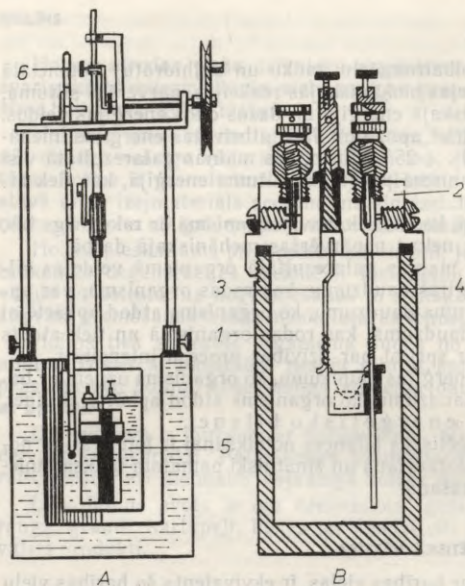
BARĪBAS VIELU ENERĢĒTISKĀ VĒRTĪBA

Enerģija, ko satur barības vielas, ir ekvivalenta šo barības vielu sadegšanas siltumam (sadedzānā izdalītajam siltuma daudzumam). Tādēļ barības vielu enerģētisko vērtību aprēķina, nosakot siltuma daudzumu, kas rodas, sadedzinot barības vielas.

Barības vielu enerģētiskās vērtības noteikšanai lieto Bertlo kalorimetrisko bumbu, kas ir hermētiski noslēgts tērauda cilindrs, kurš papildīts ar skābekli un iegremdēts ūdens vannā (33. att.). Lai noteiktu kādas barības vielas enerģētisko vērtību, kalorimetriskajā bumbā ievieto attiecīgo barības vielu un pēc tam sadedzina šo vielu ar elektriskās strāvas dzirksteli zem 20 atmosfēru spiediena. Tā kā bumbai ārpusē atrodas ūdens, tad tā sasilšana dod iespēju noteikt sadegšanas procesā izdalītā siltuma daudzumu. Temperatūras paaugstināšanos, kas rodas kalorimetra ūdens vannā no kādas barības vielas sadegšanas izdalītā siltuma daudzuma, var noteikt ar precizitāti līdz 0,001 °C.

Dažādu ogļhidrātu, tauku un olbaltumvielu enerģētiskā vērtība nav vienāda. Tā, piemēram, sadedzinot kalorimetriskajā bumbā 1 g glikozes, izdalās 3,75 kcal siltuma, bet no 1 g cietes — 4,1 kcal. Sadegot 1 g cūku tauku, rodas 9,5 kcal siltuma, bet 1 g govs piena tauku izdala tikai 9,2 kcal. Jāatzīmē, ka lielāka enerģētiskā vērtība ir dzīvnieku, nevis augu valsts olbaltumvielām.

Parasti tomēr ogļhidrātu, tauku un olbaltumvielu enerģētisko vērtību izsaka ar vidējo skaitli. Rēķina, ka 1 g ogļhidrātu, sadegot



33. aff. Kalorimetra

A un kalorimetriskās bumbas B shēma:

1 — kalorimetriskās bumbas cilindrs, 2 — pieskrūvējamais kalorimetriskās bumbas vāks, 3, 4 — metāla adatas, savienotas ar stiepli, ar kuru aizdedzina izmeklējamu vielu; vielu ieliek cilindrā, kas piestiprināts pie adatas 4, 5 — kalorimetra ūdens, kurā iegremdēta kalorimetriskā bumba, 6 — termometrs.

kalorimetriskajā bumbā, izdala 4,1 kcal siltuma, 1 kg tauku — 9,3 kcal un 1 g olbaltumvielu — 5,7 kcal.

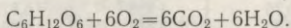
Saskaņā ar enerģijas nezūdamības likumu enerģijas daudzums, kas rodas, kādai vielai oksidējoties organismā vai ārpus tā, ir vienāds, ja oksidēšanās produkti ir vienādi. Tādēļ siltuma enerģijas daudzums, kas rodas, sadedzinot kalorimetriskajā bumbā ogļhidrātus un taukus, ir tāds pats, kāds rodas organismā šo vielu sadalīšanās rezultātā, jo kā kalorimetriskajā bumbā, tā arī organismā ogļhidrātu un tauku oksidēšanās galaprodukti ir ogļskābā gāze un ūdens. Savukārt olbaltumvielas, oksidējoties organismā, izdala mazāk siltuma enerģijas, nekā sadegot kalorimetriskajā bumbā. Tā 1 g olbaltumvielu, oksidējoties organismā, izdala 4,1 kcal siltuma, turpreti kalorimetriskajā bumbā, kā jau minēts, — 5,7 kcal. Tas tādēļ, ka olbaltumvielu maiņas galaprodukti (urīnvielai, urīnskābei u. c.), kas izdalās no organisma, ir vēl noteikta siltuma enerģijas vērtība.

Zinot ogļhidrātu, tauku un olbaltumvielu saturu barības līdzekļos, var aprēķināt, cik daudz siltuma enerģijas organisms uzņem ar barību. Tikai jāņem vērā, ka barības ogļhidrāti, tauki un olbaltumvielas netiek asimilēti simtprocentīgi.

ELPOŠANAS KOEFICIENTS

Par elpošanas koeficientu sauc attiecību starp izdalītās ogļskābās gāzes un tajā pašā laikā patērētā skābekļa tilpumu (CO_2/O_2). Elpošanas koeficients rāda, kādas barības vielas organismā oksidējas, jo skābekļa daudzums, kāds nepieciešams oksidējamai vielai, ir atkarīgs no vielas ķīmiskā sastāva, t. i., no oglekļa, skābekļa un ūdeņraža atomu daudzuma attiecībām tās molekulā.

Tā, oksidējoties ogļhidrātiem, piemēram, glikozei, tās molekulā ietilpstošais skābeklis spēj pilnīgi nodrošināt ūdeņraža oksidāciju, bet katra oglekļa atoma oksidācijai nepieciešams pievadīt vienu skābekļa molekulu. Tādējādi uz katru oksidējamās glikozes molekulu tiek patērētas 6 molekulas skābekļa un oksidācijas rezultātā rodas 6 molekulas ogļskābās gāzes un 6 molekulas ūdens:

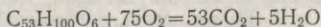


Tā kā dažādu gāzu vienāds molekulu skaits vienādā temperatūrā un vienādā spiedienā aizņem vienādu tilpumu (Avogadro—Zerāra likums), tad glikozes oksidācijai patērētā skābekļa tilpums ir vienāds ar oksidācijas procesā radušās ogļskābās gāzes tilpumu. No tā izriet, ka $6\text{CO}_2/6\text{O}_2 = 1$.

Tas rāda, ka, oksidējoties organismā ogļhidrātiem, elpošanas koeficients ir vienlīdzīgs 1.

Ja organismā oksidējas tauki, elpošanas koeficients ir 0,70 ... 0,72. Tauku molekula, kā zināms, ir samērā nabadzīga ar skābekli, tādēļ tauku oksidācijas procesā ieelpotā gaisa skābeklis tiek patērēts ne tikai oglekļa, bet arī ūdeņraža atomu oksidācijai. Rezultātā organisms skābekli patērē vairāk, nekā izdala ogļskābo gāzi (daļa patērētā skābekļa tiek saistīta ūdenī), tādēļ elpošanas koeficients ir <1.

Dirolepalmitīna oksidācijas vienādojumā



attiecība starp izdalītās ogļskābās gāzes un patērētā skābekļa tilpumiem (elpošanas koeficients) ir $53 : 75 = 0,706$.

Oksidējoties organismā olbaltumvielām, elpošanas koeficients ir 0,8. Arī šajā gadījumā ieelpotais skābeklis tiek patērēts ne tikai ogļskābās gāzes, bet arī citu savienojumu, piemēram, ūdens un urīnvielas veidošanai.

Izēdinot barību, kas satur kā ogļhidrātus, tā arī taukus un olbaltumvielas, t. i., parasto barību, elpošanas koeficients ir 0,75 ... 0,95. Gaļēdājiem, kuru barība satur galvenokārt taukus un olbaltumvielas, elpošanas koeficients ir tuvs 0,75, bet zālēdājiem, kuru barība bagāta ar ogļhidrātiem, elpošanas koeficients parasti ir ap 0,95.

Skābekļa un ogļskābās gāzes kaloriskie koeficienti ir dažādi ogļhidrātu, tauku un olbaltumvielu oksidācijā. Tādēļ arī minētie

koeficienti ir nevienādi, ja ir dažādi elpošanas koeficienti, jo pēdējie, kā zināms, rāda, kādas barības vielas organismā oksidējas.

Noteiktam elpošanas koeficientam atbilst noteikts siltuma enerģijas daudzums, kas rodas, patērējot 1 litru skābekļa vai izdalot 1 litru ogļskābās gāzes (24. tabula).

24. tabula

Elpošanas koeficientam atbilstošs siltuma daudzums

Elpošanas koeficients	Siltuma daudzums (kcal)	
	kas rodas, patērējot 1 l O ₂	kas rodas, izdaloties 1 l CO ₂
0,70	4,686	6,694
0,75	4,739	6,319
0,80	4,801	6,001
0,85	4,863	5,721
0,90	4,924	5,471
0,95	4,985	5,247
1,00	5,047	5,047

Elpošanas koeficients dažreiz var būt $< 0,7$ vai arī > 1 . Attiecība starp izdalītās ogļskābās gāzes un patērētā skābekļa tilpumiem kļūst $< 0,7$, tad, kad tauki, kas ir samērā nabadzīgi ar skābekli, intensīvi pārvēršas ogļhidrātos, kuros skābekļa procentuālais saturs ir ievērojami lielāks. Šajā gadījumā skābeklis tiek patērēts ne tikai tauku oksidācijai, bet arī ogļhidrātu molekulas uzbūvei. Tādēļ arī badošanās laikā, kad tauki pastiprināti pāriet ogļhidrātos, elpošanas koeficients var samazināties līdz 0,6. Savukārt, tauku molekulām sintezējoties no ogļhidrātiem, atbrivojas noteikts ogļhidrātu skābekļa daudzums, ko izlieto oksidācijas vajadzībām, tādēļ organisms patērē mazāk ieelpotā skābekļa. Rezultātā elpošanas koeficients kļūst > 1 . Tā, piemēram, nobarojamām zosim elpošanas koeficients var sasniegt 2,0.

PAMATMAIŅA

Vielu maiņas intensitāte organismā ir atkarīga no ēdināšanas un darba rakstura, ārējās vides temperatūras, staru enerģijas iedarbības, organisma vecuma, dzimuma, ķermeņa masas, nervu sistēmas funkcionālā stāvokļa un daudziem citiem faktoriem. Tā, piemēram, paaugstinoties apkārtējās vides temperatūrai, vielu un enerģijas maiņas intensitāte reflektoriski samazinās, bet, apkārtējās vides temperatūrai pazeminoties, vielu un enerģijas maiņa pastiprinās, jo pieaug oksidācijas procesu intensitāte, kas uztur ķermeņa temperatūru pastāvīgā līmenī. Vīrišķiem indivīdiem vielu maiņas intensitāte ir augstāka nekā sievišķiem, piemēram, bullim par 10 ... 26%

augstāka nekā govij un gailim par 20 ... 30% augstāka nekā vistai. Intensīvāka vielu maiņa ir arī jauniem, augošiem organismiem nekā pieaugušiem. 2 mēnešus veciem teļiem, jēriem, kumeļiem un sivēniem vielu maiņas intensitāte ir 2 ... 3 reizes augstāka nekā pieaugušiem dzīvniekiem. Ļoti stipri vielu maiņu ietekmē dzīvnieku produktivitāte. Laktējošām govīm vielu maiņas intensitāte salīdzinājumā ar cietstāvošām govīm ir par 26 ... 60% augstāka. Pastiprināta vielu maiņa novērojama arī grūsnības laikā, it sevišķi grūsnības beidzamajā periodā. Dzīvniekiem (lācim, ezim, sikspārņim u. c.) ziemas guļas laikā, kad ķermeņa temperatūra pazeminās līdz 7 ... 3 °C, vielu maiņas intensitāte pavājinās gandrīz 20 reizes.

Lai salīdzinātu vielu maiņas intensitāti dažādos fizioloģiskajos stāvokļos, organisma enerģijas patēriņu nosaka tādos apstākļos, kuros attiecīgam organismam novērojams minimālais vielu maiņas līmenis. Šie apstākļi ir šādi:

- 1) muskuļu relatīvais miera stāvoklis;
- 2) optimālā apkārtējās vides temperatūra;
- 3) relatīvi iztukšots gremošanas trakts.

Organisma vielu maiņu, kas notiek šajos apstākļos, sauc par pamatmaiņu.

Pamatmaiņai raksturīgs enerģijas patēriņš, kas nepieciešams iekšējo orgānu (sirds, elpošanas orgānu, aknu, nieru, centrālās nervu sistēmas u. c.) darbības, ķermeņu temperatūras un citu dzīvībai nepieciešamo funkciju uzturēšanai.

Pamatmaiņas intensitāte ir atkarīga no dzimuma, vecuma, ķermeņa masas un auguma. Bez tam to ietekmē organisma miega vai nomoda stāvoklis. Miega laikā sakarā ar ķermeņa muskuļu maksimālo atslābumu enerģijas patēriņš samazinās par 8 ... 10%. Novērots, ka cilvēkam pamatmaiņas intensitāti ietekmē arī gadalaiks. Tā, piemēram, visaugstākā pamatmaiņas intensitāte cilvēkiem parasti novērojama pavasarī un rudenī, bet viszemākā — ziemā. Pamatmaiņu ļoti stipri ietekmē ķermeņa temperatūras celšanās. Tā, piemēram, ja cilvēkam ķermeņa temperatūra paaugstinās par 1 °C, pamatmaiņas intensitāte palielinās vidēji par 10%.

Pamatmaiņas lielumu izsaka ar siltuma daudzumu kilokalorijās (kcal) uz 1 kg dzīvmasas vai arī uz 1 m² ķermeņa virsmas 1 stundā vai 1 diennaktī.

Enerģijas patēriņš uz 1 kg ķermeņa masas maziem dzīvniekiem ir lielāks nekā lieliem. Tā, piemēram, žurkai pamatmaiņas intensitāte ir 7 reizes, bet pelei pat 20 reizes lielāka nekā zirgam. Tas tādēļ, ka, jo lielāka ir ķermeņa virsmas attiecība pret ķermeņa masu, jo intensīvāk notiek siltuma atdošana. Tātad, rēķinot uz vienu ķermeņa masas vienību, maziem dzīvniekiem ir jāražo vairāk siltuma nekā lieliem.

Pamatmaiņas intensitātes noteikšana lauksaimniecības dzīvniekiem ir saistīta ar lielām grūtībām. Tā, piemēram, zālēdāju un it sevišķi atgremotāju gremošanas trakts neiztukšojas pat pēc ilgākas šo dzīvnieku badināšanas, lieliem dzīvniekiem grūti ierobežot to

kustības. Bez tam lauksaimniecības dzīvniekiem ierobežotie turēšanas un ēdināšanas apstākļi var izraisīt arī to produktivitātes samazināšanos un organisma funkciju traucējumus. Tādēļ lauksaimniecības dzīvniekiem vielu maiņas intensitāti nosaka parastos turēšanas un ēdināšanas apstākļos, t. i., nosaka kopējo vielu un enerģijas maiņu.

ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ MUSKUĻU DARBĀ

Enerģijas patēriņu stipri palielina muskuļu darbs, jo skeleta muskuļu funkciju uzturēšanai tiek izlietoti 40 ... 50% no organismā patērētās enerģijas daudzuma. (Sirdsdarbības uzturēšanai tiek izlietoti 4 ... 6%, aknu funkcijām — 20 ... 30%, nieru funkcijām — 4 ... 5% un nervu sistēmas darbībai — 2 ... 5% no kopējā enerģijas patēriņa.) Muskuļu darbam pastiprinoties, attiecīgi pieaug arī kopējais enerģijas patēriņš, piemēram, govij stāvot, gāzu maiņa ir par 30% augstāka, nekā gulot, jo stāvēšana ir saistīta ar attiecīgu muskuļu piepūli, t. i., muskuļu statistisko darbu. Samērā daudz enerģijas vajag barības sakošļāšanai un pārstrādāšanai gremošanas traktā (it īpaši rupjās barības). Tā, piemēram, govš 1 kg pļavu siena apēšanai un atgremošanai patērē 111 kcal. Zirgs, pārvietojoties ar ātrumu 5 ... 6 km stundā, patērē 150 kcal uz katru kilometru, bet, pārvietojoties ar ātrumu 10 ... 12 km stundā, — 225 kcal.

Paaugstināta enerģijas maiņa organismā ir ne tikai muskuļu darbā, bet arī noteiktu laiku pēc tā izbeigšanas (restitūcijas jeb atjaunošanas periodā). Pēc intensīva 2 stundu ilga darba paaugstinātas enerģijas maiņas periods ilgst vēl 30 ... 50 minūtes. Šis apstāklis izskaidrojams ar to, ka muskuļu darba laikā organismā uzkrājas intermediārās vielu maiņas starpprodukti, kuri oksidējoties izraisa pastiprinātu enerģijas maiņu.

Muskuļu darba laikā apmēram 20% atbrīvotās ķīmiskās enerģijas pāriet kinētiskajā (mehāniskajā) enerģijā, bet 80% — siltuma enerģijā. Mehāniskās enerģijas procentuālo attiecību pret visu darbā patērēto enerģiju sauc par muskuļu darba lietderības koeficientu. Labi trenētā organismā muskuļu darba lietderības koeficients var sasniegt 35% (atsevišķos gadījumos vēl vairāk), turpretī maz trenētā organismā tas svārstās no 16% līdz 25% (vidēji 20%). Muskuļu darba lietderības koeficients ir jo augstāks, jo pareizāka ir darba organizācija. Augsts muskuļu darba lietderības koeficients ir saistīts ar intensīviem oksidēšanas un reducēšanas procesiem kā strādājošos muskuļos, tā arī visā organismā.

BARĪBAS SPECIFISKI DINAMISKĀ DARBĪBA

Par barības specifiski dinamisko darbību sauc vielu maiņas intensitātes pieaugumu, kas rodas pēc barības uzņemšanas.

Barības specifiski dinamiskās darbības intensitāte ir atkarīga no uzņemtās barības daudzuma un tās sastāva. Tā pēc olbaltumvielu uzņemšanas vielu maiņa organismā pastiprinās par 30 ... 40%, turpretī ogļhidrāti izraisa vielu maiņas līmeņa paaugstināšanos tikai par 4 ... 6%. Uzņemot taukus, vielu maiņas intensitāte pastiprinās vidēji par 15%. Dažu sugu dzīvniekiem, piemēram, trušiem, tauku uzņemšana izraisa nevis vielu maiņas intensitātes pieaugumu, bet gan tās samazināšanos.

Uzņemot olbaltumvielas, vielu maiņas intensitāte sāk pieaugt pēc 1,5 ... 2 stundām un maksimumu sasniedz pēc 3 stundām. Paaugstināts vielu maiņas līmenis pēc olbaltumvielu uzņemšanas novērojams 7 ... 8 stundas, bet pēc ogļhidrātu uzņemšanas ne vairāk kā 2 ... 3 stundas.

Barības specifiski dinamisko darbību izskaidro galvenokārt ar to, ka organisko vielu sadalīšanās produkti, piemēram, aminoskābes, etiķskābe, acetaldehīds, skudrskābe un citas vielas, uzsūcoties asinīs, stimulē oksidācijas procesu norises un līdz ar to vielu maiņu. Bez tam uzskata, ka zināma nozīme te ir arī enerģijas patēriņam, kāds nepieciešams gremošanas trakta dziedzeru un muskulatūras funkciju pastiprināšanai pēc barības uzņemšanas.

VIELU MAIŅA BADOŠANĀS LAIKĀ

Par badošanos sauc tādu organisma stāvokli, kad barība netiek vai nu pilnīgi uzņemta, vai arī tās nepietiek vielu un enerģijas patēriņa segšanai organismā.

Izšķir 1) pilnīgu badošanos, kad organisms nemaz neuzņem barību, 2) nepilnīgu badošanos (hronisku pusbadu), kad organisms dabū barību nepietiekamā daudzumā vai kad ir traucēta barības asimilācija, un 3) daļēju badošanos, kad uzņemtajā barībā trūkst kāda atsevišķa komponenta, turpretī pārējie komponenti organismam tiek piegādāti pietiekamā daudzumā. Atkarībā no tā, kādas vielas barībā trūkst, izšķir olbaltumvielu, ogļhidrātu, tauku, minerālvielu, ūdens un vitamīnu badu.

Dzīvības funkciju uzturēšanai pilnīgas badošanās laikā organisms izlieto barības vielu krājumus, t. i., organisms barībai sāk izlietot savus audus.

Dzīves ilgums pilnīgas badošanās laikā stipri atkarīgs no dzīvnieku organisma konstitucionālajām, individuālajām un sugas īpatnībām. Labi baroti dzīvnieki badošanos iztur ilgāk nekā slikti baroti, jo badošanās laikā svarīgākais enerģijas avots organismā ir rezerves tauku krājumi. Bez tam, jo intensīvāka ir organisma vielu maiņa, jo sliktāk organisms pacieš badu. Pilnīgas badošanās ilgums ir atkarīgs arī no ķermeņa virsmas un ķermeņa masas attiecības: jo lielāks ir ķermeņa virsmas laukums uz vienu ķermeņa masas vienību, jo augstāks ir enerģijas patēriņš. Tādēļ arī dzīves ilgums pilnīgas badošanās laikā lieliem dzīvniekiem ir garāks nekā maziem. Arī ķermeņa masas samazināšanās intensitāte pilnīgas

badošanās laikā ir atkarīga no dzīvnieku lieluma. Tā, piemēram, zirgam, pilnīgas badošanās laikā ķermeņa masa diennaktī samazinās vidēji par 0,4%, sunim — par 1,9%, trusim — par 3,5%, balodim — par 5,6%, jūracūciņai — par 5,1%, maziem dziedātājputniem — par 20 ... 40%. Cilvēkam pilnīgas badošanās laikā ķermeņa masa diennaktī samazinās par 0,5 ... 0,7%. Arī jauni, augoši organismi paaugstinātās vielu maiņas intensitātes dēļ badošanos pacieš sliktāk nekā pieaugušie. Iespējamais pilnīgās badošanās ilgums samazinās, arī pastiprinoties muskuļu darbam un pazeminoties apkārtējās vides temperatūrai.

Literatūrā sastopami dati, ka suns, pilnīgi badojoties, nodzīvojis 117 dienu un zaudējis 63% no ķermeņa masas, trusis nodzīvojis līdz 4 nedēļām, vistas — līdz 34 dienām, baloži — līdz 13 dienām, vārdes — 1,5 gadiem, zirnekļi — 1 gadu, gliemeži — 2 gadus, dažu kukaiņu kāpuri — 3 ... 5 gadus. Uzskata, ka cilvēks pilnīgu badošanos var izturēt vidēji 50 ... 70 dienas, suns — 38 ... 45 dienas, kaķis — 20 dienas, trusis — 15 dienas, jūracūciņa — 8 dienas, žurka — 2 ... 3 dienas. Pilnīgi badojoties, dzīvnieki parasti dzīvo tik ilgi, kamēr zaudē 45 ... 50% no ķermeņa masas.

Dažu sugu dzīvniekiem pilnīga badošanās ir fizioloģiska parādība, piemēram, sezonālā badošanās ziemas guļas periodā. Dažām zivīm šāda fizioloģiska badošanās novērojama nārsta laikā.

Pilnīgas badošanās sākuma periodā (pirmajās 2 ... 3 badošanās dienās) intensīvi tiek patērēti aknu un muskuļu glikogēna krājumi. Elpošanas koeficients šajā laikā ir 1 vai arī ļoti tuvs 1, kas liecina, ka organismā oksidējas galvenokārt ogļhidrāti. Kad ogļhidrātu rezerves organismā izsīkst, sākas pastiprināta tauku oksidācija un līdz ar to elpošanas koeficients samazinās līdz 0,7. Šī otrā badošanās perioda ilgums ir atkarīgs no tā, cik lieli ir organisma rezerves tauku krājumi. Audu olbaltumvielu patēriņš badošanās pirmajā un otrajā periodā ir samērā niecīgs. Pēc tam kad organisma tauku krājumi ir iztērēti (98% rezerves tauku), sākas audu olbaltumvielu pastiprināta noārdīšanās, jo audu olbaltumviela šajā laikā ir vienīgais enerģijas avots dzīvības funkciju uzturēšanai. Audu olbaltumvielu pastiprināta noārdīšanās norāda uz trešā (pirmsnāves jeb terminālā) pilnīgās badošanās perioda iestāšanos. (Par to, ka organismā pastiprināti noārdās olbaltumvielas, liecina ar urīnu izvadītā slāpekļa daudzuma palielināšanās.) Elpošanas koeficients šajā periodā nedaudz paaugstinās līdz 0,8.

Pilnīgas badošanās otrajā periodā, kad notiek pastiprināta tauku noārdīšanās, kā arī daļēja to pārvēršanās ogļhidrātos, organismā sāk uzkrāties nepilnīgi oksidētie tauku maiņas starpprodukti (acetons, acetetilkskābe, un β -oksisviestskābe). Rezultātā samazinās asins sārmu rezerve un iestājas acidoze. Badošanās trešajā periodā intoksikācijas simptomi kļūst vēl krasāki. Uzskata, ka bada nāves cēlonis nav vis nepietiekams to vielu daudzums, kas apmierina organisma enerģētiskās vajadzības, bet gan organisma

pašsaindēšanās (autointoksikācija) ar audu sabrukšanas toksiskiem produktiem.

Badošanās reizē ar ūdens trūkumu norisinās daudz smagākā formā, jo šajā gadījumā tauku un olbaltumvielu sadalīšanās produkti netiek pietiekami intensīvi atšķaidīti un izvadīti no organisma, tādēļ saindē to stiprāk, izraisot arī ātrāku bada nāves iestāšanos. Bez tam audu sabrukšanas procesi ūdens trūkuma gadījumā notiek straujāk.

Pilnīgas badošanās gadījumā dažādu audu un orgānu masas samazināšanās ir stipri nevienāda. Tā, piemēram, taukaudu masa samazinās par 98%, muskuļu — par 70%, aknu — par 54%, asins — par 26%, nieru — par 26%, ādas — par 20,6%, zarnu — par 18%, plaušu — par 17,7%, kaulu — par 14%, nervu sistēmas — par 3,9%, sirds — par 3,6%.

Ilgstošas nepilnīgas badošanās (hroniskā pusbada) rezultātā iestājas alimentārā distrofija, kurai raksturīga stipri novājināšana, pavājināta pamatmaiņa, pazemināta ķermeņa temperatūra un palēnināta sirdsdarbības frekvence. Asinīs samazinās glikozes koncentrācija un olbaltumvielu saturs, iestājas hipoproteīnēmija. Hipoproteīnēmijas dēļ var rasties tūsкас (bada tūsкас). Ja ir alimentārā distrofija, tad samazinās arī organisma reaktivitāte un pavājinās tā rezistence pret infekcijām.

AKNU FIZIOLOĢIJA

Dzīvnieku organismā aknas ir vislielākais iekšējais orgāns (25. tabula).

Aknām ir ļoti svarīga nozīme dažādu organisma funkciju norisēs, it īpaši vielu maiņas procesos. Sakarā ar žults veidošanu un izdalīšanu aknas piedalās barības sagremošanas un uzsūkšanas procesos, kā arī dažu vielu maiņas produktu izvadīšanā no organisma. Ļoti svarīga nozīme ir aknu aizsargfunkcijai jeb barjerifunkcijai, jo aknas atindē toksiskus produktus, kas

25. tabula

Aknu un ķermeņa masas attiecība dažādu sugu dzīvniekiem

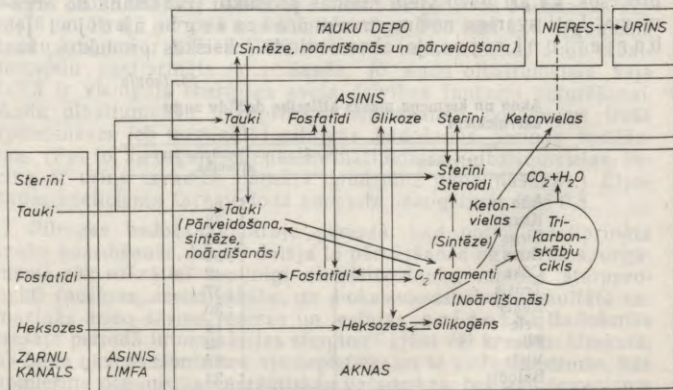
Dzīvnieks	Aknu un ķermeņa masas attiecība
Aita	1 : 80
Kaza	1 : 76
Zirgs	1 : 72
Govs	1 : 55
Cūka	1 : 42
Trusis	1 : 37
Kaķis	1 : 30
Pele	1 : 14
Pile	1 : 42
Vista	1 : 37
Balodis	1 : 33
Zvirbulis	1 : 18

uzsūcas gremošanas traktā (skatolu, fenolu, indolu, krezolu) vai kas veidojas intermediārās vielu maiņas procesos (amoniaku). Aknas aktīvi piedalās arī organisma imunitātes reakcijās un izpilda asins depo funkcijas. (Aknās var uzkrāties līdz 20% asins.) Bez tam aknas piedalās asinsrites procesā. Embrionālajā periodā aknās veidojas eritrocīti un granulocīti, bet postembrionālajā periodā aknu retikuloendoteliālajās šūnās veidojas monocīti.

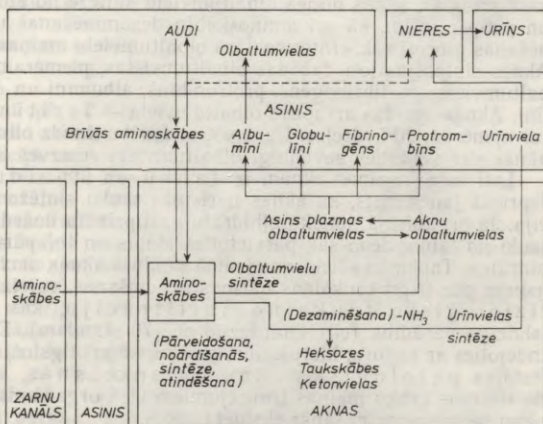
Visas vielas, kas uzsūcas gremošanas traktā, ar vārtu vēnas asinīm ieplūst aknās, kur norisinās vesela virkne sarežģītu ķīmisku pārvērtību. Aknās notiek olbaltumvielu un tauku, glikogēna, urīnvielas (putniem urīnskābes), aminoskābju, pāroto sērskābes un glikuronskābes savienojumu, hipurskābes, hemoglobīna un citu vielu sintēze, kā arī olbaltumvielu, tauku un ogļhidrātu noārdīšana, vitamīnu uzkrāšana un daudzi citi svarīgi biokīmiski procesi. Zālēdāju, it īpaši atgremotāju aknās ļoti intensīvi norisinās glicerīna un lielmolekulāro taukskābju sintēze no gaistošām taukskābēm (etiķskābes, propionskābes, sviestskābes). Aknās nepārtraukti notiek oksidēšanas, reducēšanas, dekarboksilēšanas, metilēšanas, dezaminēšanas, pāraminēšanas, fosforilēšanas un acetilēšanas reakcijas.

Biokīmiskie procesi, kas norisinās aknu audos, zināmā mērā nosaka aknu ķīmisko sastāvu. Mājdzīvnieku aknas satur vidēji 70% ūdens un 30% sauses. Aknu sastāvā ietilpst olbaltumvielas (vidēji 15%), glikogēns (vidēji 5%), glikoze (0,1%), tauki (2%), fosfatīdi (2...3%), holesterīns (0,3...0,4%), nātrijs (0,2%), kālijs (0,3%), kalcijs (0,012%), magnijs (0,023%), dzelzs (0,010%), cinks, varš, mangāns un citi metāli (0,001...0,005%).

Aknu nozīme ogļhidrātu un tauku maiņā (shēma)



Aknu nozīme olbaltumvielu maiņā (shēma)



Aknas satur ļoti daudz dažādu fermentu, piemēram, aknu audos ir proteāzes, lipāze, amilāze, maltāze, holesterāze, argināze, fosforilāze, katalāze, dezamināze, karboksilāze, dehidrāze, citohromi un daudzi citi fermenti.

Glikogēna krājumi aknās parasti sastāda 1,5 līdz 15%. Uzņemot ar barību daudz ogļhidrātu, glikogēna saturs aknās var pieaugt līdz 20%. Badošanās laikā, kā arī ilgstošā un smagā muskuļu piepūlē glikogēna saturs aknās stipri samazinās. Glikogēns aknās veidojas galvenokārt no glikozes un fruktozes. Saliktie cukuri (disaharīdi un polisaharīdi) var pārvērsties glikogēnā tikai pēc noārdīšanās līdz monosaharīdiem. Aknu glikogēna sintēzē iekļaujas arī gaistošās taukskābes. Ja ir vajadzība, aknu glikogēns ātri var sašķelties līdz glikozei. Aknu glikogēna krājumi, papildinot glikozes saturu asinīs, uztur tās koncentrāciju pastāvīgā fizioloģiskā līmenī. Glikogēna sintēzi un noārdīšanos regulē neirāli humorālais ogļhidrātu maiņas regulācijas mehānisms (sk. «Ogļhidrātu maiņas regulācija» 166. lpp.).

Aknu audu spēja asimilēt ogļhidrātus var zināmā mērā raksturot aknu funkcionālo stāvokli. Sakarā ar to klīniskā praksē bieži vien nosaka aknu asimilējošo funkciju, ievadot organismā attiecīgos daudzumos galaktozi (glikoze šim nolūkam ir maz piemērota, jo to asimilē ne tikai aknas, bet arī citi orgāni un audi). Aknu asimilējošās funkcijas noteikšana aknu slimību gadījumos palīdz noteikt pareizu diagnozi.

Aknu loma olbaltumvielu maiņā ir saistīta galvenokārt ar to, ka aknās notiek olbaltumvielu sintēze no aminoskābēm un polipeptīdiem (sk. «Intermediārā olbaltumvielu maiņa» 155. lpp.). Aknās sintezējas ļoti dažādas olbaltumvielas, piemēram, asins olbaltumvielas — fibrinogēns, protrombīns, albumīni un daži globulīni. Aknās atrodas arī īpaša olbaltumviela — feritīns, kas satur apmēram 20% dzelzs. Uzņemot ar barību daudz olbaltumvielu, aknās var veidoties savdabīgi olbaltumvielu rezerves krājumi.

Ļoti liela nozīme aknām ir tauku un lipoīdu maiņā. Iepriekš jau minēts, ka aknās norisinās tauku sintēze un oksidācija. Ja organismā notiek ogļhidrātu pastiprināta noārdīšanās, tad tauki no tauku depo sāk pārvietoties aknās un tur pārvēršas ogļhidrātos. Tauki, kas lielā daudzumā nokļūst aknās ar vārtu vēnas asinīm pēc stipri taukainas barības uzņemšanas, var izraisīt aknu fizioloģisko taukaino infiltrāciju, kas parasti ir īslaicīga parādība (cilvēkam izzūd pēc 70 stundām). Dažreiz, saindējoties ar fosforu, hloroformu, arsēnu, kā arī ilgstoši badojoties, iestājas patoloģiskā aknu aptaukošanās, kas ir sekas no stipriem tauku maiņas traucējumiem visā organismā, kā arī no aknu spēju samazināšanās oksidēt taukus.

Svarīga nozīme aknām ir arī pigmentu maiņā. Aknās no hemoglobīna noārdīšanās produktiem veidojas žults pigments bilirubīns. Pēc ķīmiskās uzbūves ļoti tuvs bilirubīnam ir urobilinogēns, kas veidojas zarnās no bilirubīna zarnu baktēriju ietekmē. Normālos apstākļos urobilinogēns, uzsūcoties gremošanas traktā un nokļūstot aknās, no jauna pārvēršas bilirubīnā. Dažos aknu funkciju traucējuma gadījumos urobilinogēna pārvēršanās bilirubīnā var pavājināties vai nemaz nenotiek. Tādēļ asinīs un urīnā stipri pieaug urobilinogēna saturs.

Intensīvo vielu maiņas procesu rezultātā aknās veidojas ļoti daudz siltuma. Rēķinot uz vienu masas vienību, aknās ir visaugstākais siltuma ražošanas līmenis.

Aknu funkciju pētīšanas metodes. Viena no svarīgākajām aknu funkciju pētīšanas metodēm ir angiostomijas metode. Pēc šīs metodes sistemātiski var iegūt asinis no vārtu un aknu vēnām. Analizējot vārtu un aknu vēnu asins ķīmisko sastāvu, var zināmā mērā spriest par dažādu vielu bioķīmiskajām pārmaiņām, kas norisinās aknās.

Aknu funkciju pētīšanai ar labiem panākumiem var lietot arī izolēto aknu perfūzijas metodi, Eka—Pavlova fistulas metodi, kā arī aknu ekstirpācijas metodi un aknu biopsiju.

Pētot aknu funkcijas pēc izolēto aknu perfūzijas metodes, izolētu aknu asinsvados (aknu vēnā vai aknu artērijā) ievada dažādas vielas, kas izšķīdinātas siltā fizioloģiskā šķīdumā. Analizējot pēc tam no aknām iztecējušā šķīduma sastāvu, nosaka attiecīgo vielu pārvērtības aknu audos vai arī to ietekmi, kādu šīs

vielas atstāj uz aknām. Dažādas vielas, kurām jānosaka pārvērtības aknu audos, var ievadīt vārtu vēnā vai aknu artērijā, atrodoties aknām *in situ* (akūtā eksperimenta laikā un organisma narkozes stāvoklī).

Strādājot pēc Eka—Pavlova fistulas metodes, dzīvniekam ķirurģiskā operācijā savieno vārtu vēnu ar kauddālo dobo vēnu un pēc tam vārtu vēnu vīrs savienošanas vietas nosien. Šādas operācijas rezultātā asinis, kas attek no gremošanas trakta pa vārtu vēnu, neieplūst vis aknās, bet tiek novadītas kopējā asinsrites sistēmā. Aknās asinis ietek tikai pa aknu artēriju (34. att.). Pirmajās dienās pēc šādas operācijas dzīvnieka, piemēram, suņa fizioloģiskais stāvoklis ir apmierinošs, ja tikai tam neizēdina gaļu.

Apmēram pēc 10...12 dienām (dažreiz pēc ilgāka laika) operētam dzīvniekam parādās kustību traucējumi, pakaļkāju rigiditāte, toniskie un kloniskie krampji. Edinot dzīvnieku ar gaļu, minētās patoloģiskās parādības rodas jau 3. vai 4. dienā pēc operācijas un samērā īsā laikā iestājas arī nāve, organismam saindējoties ar toksiskiem olbaltumvielu sadalīšanās produktiem (galvenokārt ar amonjaku, kā arī ar krezolu, skatolu, indolu, fenolu), kuri rodas gremošanas traktā un kuri normālos apstākļos tiek atīdēti aknās.

Pēc pilnīgas aknu ekstirpācijas, ko var izdarīt, neradot jūtamus asinsrites traucējumus, suņiem iestājas hipoglikēmija, progresējošs muskuļu vājums, krampji un 10...15. stundā pēc operācijas dzīvniekam rodas komatozs stāvoklis, kas beidzas ar nāvi.

Eksperimentālos nolūkos aknu funkcijas var pilnīgi izslēgt arī bez to ekstirpācijas, pārsienot aknu un vārtu vēnas, kā arī aknu artēriju. Patoloģiskās parādības, kas iestājas pēc aknu asinsvadu pārsiešanas, ir līdzīgas kā aknu ekstirpācijas gadījumā.

Aknu biopsiju lieto aknu slimību diagnozei, kā arī pētot sakaru starp aknu morfoloģiskiem un funkcionāliem (bioķīmiskiem) procesiem. Izdarot biopsiju (aknu punkciju), ar īpašu adatu iegūst aknu audu gabaliņu (10...20 mm garu un 1...2 mm biezu) histoloģiskai un bioķīmiskai izmeklēšanai.



34. att. Eka—Pavlova fistulas shēma:

1 — apakšējā dobo vēna, 2 — vārtu vēna, 3 — ligatūra, 4 — aknas.

TERMOREGULĀCIJA

Augstāko dzīvnieku organisma funkciju normālas norises ir iespējamas tikai noteiktā temperatūrā. Zīdītāju dzīvnieku un putnu ķermeņa temperatūra ir samērā pastāvīga un maz atkarīga no apkārtējās vides temperatūras.

Visiem bezmugurkaulniekiem un daudziem mugurkaulniekiem (rāpuļiem, abiniekiem, zivīm) nav pastāvīgas ķermeņa temperatūras. Šo dzīvnieku ķermeņa temperatūra organisma miera stāvoklī ir pilnīgi atkarīga no apkārtējās vides temperatūras un parasti pārsniedz to ne vairāk kā par 0,01 ... 0,1 °C.

Ķermeņa temperatūras pastāvīgumu siltasiņu dzīvnieku organismā nodrošina nepārtraukti norisošie un savstarpēji saistītie termoregulācijas procesi, t. i., nervu sistēmas regulētā siltuma ražošana un tā atdošana apkārtējai videi. Siltasiņu dzīvnieku ķermeņa temperatūras regulācija ir piemērošanās reakcija, kas izveidojusies filogēnēzes un ontoģenēzes procesos. Pastāvīga un pietiekami augsta (37 ... 42 °C) siltasiņu dzīvnieku ķermeņa temperatūra ir optimāla vairumam bioķīmisko reakciju, kas norisinās šo dzīvnieku organismā. Sakarā ar to, ka siltasiņu dzīvnieku ķermeņa temperatūra ir pastāvīga, dzīvības procesu intensitāte tiem maz atkarīga no apkārtējās vides temperatūras.

SILTASIŅU DZĪVNIĒKU ĶERMEŅA TEMPERATŪRA

Dažādās ķermeņa vietās temperatūra ir nevienāda un atkarīga no orgāna vai audu novietojuma un to apgādes ar asinīm. No iekšējiem orgāniem visaugstākā temperatūra ir aknās, bet viszemākā — plaušās. Stipri nevienāda ir dažādu ādas apvidu temperatūra, kas, piemēram, zirgam svārstās no 11 °C līdz 35 °C.

Pieaugušu dzīvnieku normālā ķermeņa temperatūra (°C, mērot taisnajā zarnā)

Zirgam	38,0 (37,5—38,5)
Govij	39,0 (37,5—39,5)
Aitai	40,0 (38,0—41,0)
Kazai	40,0 (37,6—41,0)
Trusim	39,0 (38,5—39,7)
Cūkai	39,5 (38,0—40,0)
Sunim	38,5 (37,5—39,0)
Sudrablapsai	40,0 (39,0—41,0)
Kaķim	39,0 (38,0—39,5)
Vistai un pīlei	41,5 (40,8—41,9)
Balodim	41,1 (40,5—41,7)

Naktī ķermeņa temperatūra ir zemāka nekā dienā. Uz dažām stundām tā paaugstinās pēc barības uzņemšanas (par 0,2 ... 1 °C). Ilgstoši badojoties, ķermeņa temperatūra pazeminās par 2 ... 2,5 °C. Tā var arī pazemināties, izdzerot lielāku daudzumu auksta ūdens. Jauniem organismiem ķermeņa temperatūra ir augstāka nekā pieaugušiem. Ķermeņa temperatūra ievērojami paaugstinās intensīvā muskuļu darbā. Tā, piemēram, zirgam smagā darbā tā var paaugstināties līdz 41 °C.

Ķermeņa temperatūru ietekmē arī tādi organisma fizioloģiskie stāvokļi kā uzbudinājums, ovulācija, grūsnība, dzemdības.

Dzīvniekiem un cilvēkam ķermeņa temperatūra var nedaudz paaugstināties (parasti ne vairāk kā par 1°C) pazeminātas apkārtējās vides temperatūras ietekmē. Šajā gadījumā siltuma ražošana organismā pieaug stiprāk nekā siltuma atdošana. Līdzīgi var iestāties ķermeņa temperatūras pazemināšanās, ja ir mēreni paaugstināta apkārtējās vides temperatūra. Ja apkārtējās vides temperatūra ir ļoti zema un tās ietekme uz organismu ir ilgstoša, siltuma atdošana var būt intensīvāka par siltuma ražošanu, līdz ar to ķermeņa temperatūra pazeminās. (Arktikas un Antarktīdas apstākļos dzīvojošiem dzīvniekiem ķermeņa temperatūra nemainās, uzturoties ilgstoši pat -60°C temperatūrā.) Organisma piemērošanās spēja paaugstinātai temperatūrai ir vājāka nekā piemērošanās pazeminātai temperatūrai. Vairumam dzīvnieku (to skaitā arī daudziem tropisko joslu dzīvniekiem) ilgstoša uzturēšanās 45 ... 50°C temperatūrā var izraisīt organisma pārkaršanu (hipertermiju) ar ķermeņa temperatūras paaugstināšanos par 1 ... 2°C.

Daudzi bezmugurkaulnieki, kā arī abinieki un zivis var atdzīvoties pat pēc pilnīgas to sasaldēšanas, turpreti siltasiņu dzīvnieku ķermeņa atdzīvoties zem 24°C var izraisīt nāves iestāšanos. Ķermeņa atdzīvoties labi pacieš dzīvnieki ziemas guļas laikā, kad ķermeņa temperatūra tiem pazeminās līdz 3°C un pat 1°C. Dzīvībai bīstama ir arī ķermeņa temperatūras paaugstināšanās virs 43°C (galējā robeža ir 44°C), jo tad sākas audu olbaltumvielu koagulācija.

ĶERMEŅA TEMPERATŪRAS REGULĀCIJA

Kā jau teikts, siltasiņu dzīvnieku ķermeņa temperatūras pastāvību nodrošina nepārtrauktā siltuma ražošana šo dzīvnieku organismā un siltuma atdošana apkārtējai videi.

Siltuma ražošanu organismā sauc par *termoregulācijas ķīmisko fāzi*, jo tās pamatā ir enerģētisko vielu ķīmiskie sairšanas procesi. Siltuma atdošanu sauc par *termoregulācijas fizikālo fāzi*, jo tā ir saistīta ar tīri fizikāliem procesiem.

Siltuma ražošana norisinās visos orgānos un audos, ja oksidācijas procesos, kas nepārtraukti notiek visās šūnās, veidojas siltums. Galvenā siltuma produkcijas vieta organismā ir skeleta muskuļi, aknas un dziedzeri. Skeleta muskuļos veidojas apmēram $\frac{2}{3}$ no organismā producētā siltuma daudzuma pat tad, ja netiek veikts muskuļu darbs. Šāda parādība izskaidrojama ar to, ka muskuļi nepārtraukti atrodas zināmā tonusā (sprieguma) stāvoklī. Muskuļu darbs krasi palielina siltuma ražošanu organismā: jau niecīgas kustības izraisa siltuma ražošanas pieaugumu par 25%, bet smagā darbā veidojas 5 ... 8 reizes vairāk siltuma nekā miera stāvoklī. Siltuma ražošana organismā manāmi pieaug arī barības uzņemšanas un atgremošanas laikā košļāšanas muskuļu un gremošanas orgānu pastiprinātas darbības dēļ.

Vienlaikus ar siltuma ražošanu notiek arī siltuma atdošana; pretējā gadījumā iestājas organisma pārkaršana. Ja nenotiktu siltuma atdošana, tad ķermeņa temperatūra siltasiņu dzīvniekiem organismā diennaktī paaugstinātos līdz 100 °C.

Siltuma atdošana notiek siltuma vadišanas un siltuma izstarošanas, kā arī ūdens iztvaikošanas rezultātā.

Siltuma vadišanas (konvekcijas) rezultātā organisms zaudē siltumu, sasildot apkārtējo gaisu, ūdeni vai priekšmetus, ar kuriem tas saskaras. Siltuma atdošana ir jo intensīvāka, jo lielāka ir temperatūras starpība starp ādas un apkārtējās vides, piemēram, gaisa temperatūru. Organisma, kā arī gaisa kustības (vējš) pastiprina siltuma atdošanu. Siltums zūd, arī sasildot ieelpoto gaisu, uzņemto barību vai ūdeni. Siltuma atdošanu ietekmē apkārtējās vides siltumvadītspēja. Tādēļ arī gaisa siltumvadītspējas palielināšanās dēļ, kas notiek, paaugstinoties gaisa mitrumam, pastiprinās siltuma zudumi. Matu un spalvu sega, kā arī zemādas taukaudi kavē siltuma atdošanu.

Siltuma izstarošana (radiācija) notiek, ķermenim izstarojot neredzamus infrasarkanos starus. Siltuma izstarošana ir jo intensīvāka, jo augstāka ir ādas temperatūra.

Siltuma atdošanu nosaka asinsvadu reflektoriskā paplašināšanās vai sašaurināšanās. Ādas asinsvadiem paplašinoties, paaugstinās ādas temperatūra un līdz ar to pastiprinās siltuma vadišana un siltuma izstarošana. Ādas asinsvadiem sašaurinoties, ādas temperatūra pazeminās, tādēļ samazinās siltuma zaudēšana.

Siltums zūd, arī iztvaikojot ūdenim no ādas virsmas (sviedru iztvaikošana), kā arī no elpošanas ceļiem, no mutes dobuma glotādas un no mēles virsmas. Ūdenim pārejot no šķidrā stāvokļa tvaikos, tiek patērēts attiecīgs siltuma daudzums, kuru tad arī organisms zaudē. Tā, piemēram, iztvaikojot 1 g sviedru, organisms zaudē 0,58 kcal siltuma. Dzīvniekiem, piemēram, zirgiem, kuriem ir intensīvi funkcionējoši sviedru dziedzeri, siltuma atdošana norisinās, galvenokārt sviedriem iztvaikojot, turpretī suņiem, kuriem sviedru dziedzeri funkcionē vāji, siltuma atdošana notiek, galvenokārt iztvaikojot ūdenim no elpošanas ceļiem, kā arī no mutes dobuma un mēles virsmas. Ūdens iztvaikošanas intensitāte ir atkarīga no gaisa mitruma un temperatūras. Jo lielāks ir gaisa mitrums un zemāka gaisa temperatūra, jo lēnāka ir ūdens iztvaikošana.

Ja apkārtējās vides temperatūra ir 15 ... 20 °C, tad ar siltuma vadišanu un izstarošanu organisms zaudē apmēram 80% siltuma. Turpretī, ja gaisa temperatūra ir augstāka par ķermeņa temperatūru vai arī vienlīdzīga ar to, siltuma atdošana notiek, galvenokārt ūdenim iztvaikojot.

Siltuma ražošanas un tā atdošanas regulācijā piedalās centrālā nervu sistēma ar beznosacījuma un nosacījuma refleksu mehānismiem.

Zidītāju dzīvnieku organismā ir speciāli termoreceptori, kas uztver siltuma un aukstuma kairinājumus.

Termoreceptoru uzbudinājums pa aferentām nervu šķiedrām tiek novadīts starpsmadzenēs (hipotalāmisajā apvidū) lokalizētajā termoregulācijas centrā, nokļūstot cauri virknei starpneironu, arī vazomotoriskajā sviedru atdalīšanās un elpošanas centrā, kā arī veģetatīvo funkciju regulācijas centros un galvas smadzeņu garozā. No centrālās nervu sistēmas uzbudinājuma impulsi pa veģetatīvajiem nerviem iet uz dažādiem orgāniem un audiem, mainot siltuma ražošanas un siltuma atdošanas intensitāti.

Termoregulācijas centra darbību ietekmē ne tikai reflektoriskie, bet arī humorālie kairinātāji. Tā, piemēram, termoregulācijas centra uzbudinājumu rada t. s. pirogēnie toksīni, ko izdala baktērijas, vai kas rodas organismā, sairstot audu olbaltumvielām, piemēram, drudža stāvoklī.

Svarīga nozīme ķermeņa temperatūras regulācijā ir galvas smadzeņu garozai, kas kontrolē termoregulācijas centra darbību.

Jauniem dzīvniekiem, it īpaši tūlīt pēc piedzimšanas, termoregulācijas mehānismi ir nepilnīgi, tādēļ to ķermeņa temperatūra zināmā mērā atkarīga no apkārtējās vides temperatūras.

Lopkopības pirmrindnieku pieredze rāda, ka teļiem, ja tos tur neapsildāmās (aukstās) telpās un bagātīgi ēdina, visi termoregulācijas mehānismi izveidojas ļoti ātri. Sādi jauno dzīvnieku turēšanas apstākļi paaugstina oksidācijas procesu intensitāti, nodrošina normālu asinsriti, nostiprina elpošanas orgānu funkcijas, labvēlīgi ietekmē matu segas attīstību, veicina ēstgribu un pastiprina organisma rezistenci pret infekcijas slimībām.

IX. Urīna izvadorgānu fizioloģija

ORGANISMA IZDALĪTĀJFUNKCIJA

Nieres ir galvenais organisma izvadorgāns, kuras izdala no organisma visus ēkskrētus (izņemot ogļskābo gāzi). Caur nierēm izdalās olbaltumvielu maiņas galaprodukti — urīnviela, urīnskābe, amonjaks, kreatinīns un citas slāpekli saturošas vielas, organisko vielu maiņas nepilnīgi oksidētie produkti, piemēram, pienskābe, β -oksisviestskābe, acetetiķskābe, acetons un citas vielas, kā arī minerālvielas, ūdens un dažādas organismam svešas un indīgas vielas — dažādas ārstniecības vielas, ar barību uzņemtās augu indes u. c.

Nieru ekskretoriā funkcija ir cieši saistīta ar visa organisma funkcijām un it sevišķi ar ekstrarenālās izdalīšanas orgānu funkcijām — sviedru dziedzeru, gremošanas trakta un plaušu ekskretoriām funkcijām.

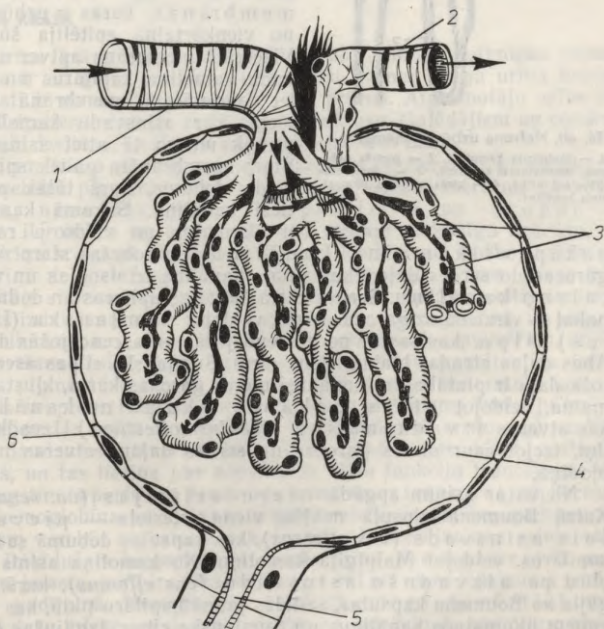
Liela nozīme ekstrarenālā ekskrecijā ir gremošanas traktam un sviedru dziedzeriem. Gremošanas trakta dziedzeri līdztekus gremošanas sulu sekrecijai izdala dažus olbaltumvielu maiņas galaproduktus, minerālvielas, kā arī organismā iekļuvušās svešās vielas, piemēram, dažus medikamentus. Caur gremošanas traktu kopā ar žulti izdalās žults pigmenti. Caur sviedru dziedzeriem izdalās olbaltumvielu maiņas galaprodukti, minerālvielas un ūdens, tādēļ pastiprinātas svīšanas laikā samazinās caur nierēm izdalītā ūdens daudzums. Caur plaušām izdalās ogļskābā gāze, ūdens un dažas organismā iekļuvušās gāzveidīgās vielas, piemēram, hloroforms pēc tā inhalācijas. Ekstrarenālie izvadorgāni daļēji var kompensēt nieru funkciju traucējumus, tādēļ arī nieru slimību gadījumā cēšas stimulēt sviedru atdalīšanos.

Izvadorgānu nozīme neaprobežojas tikai ar vielu maiņas galaproduktu izvadišanu. Izvadot no organisma ūdens un minerālsāļu pārpalikumus, izvadorgāni piedalās osmoregulācijas procesos — palīdz saglabāt iekšējās vides pastāvīgo osmotisko spiedienu — izoosmiju. Bez tam izvadorgāni palīdz uzturēt pastāvīgu asins reakciju un piedalās arī fizikālās termoregulācijas procesos (ūdens iztvaikošana caur plaušām un ar sviedriem izdalītā ūdens iztvaikošana no ādas virspuses pazemina ķermeņa temperatūru).

Šajā nodaļā iztirzāsim nieru izvadfunkciju; plaušu, gremošanas trakta un sviedru dziedzeru ekskretoriās funkcijas ir apskatītas citās attiecīgās nodaļās.

NIERU UZBŪVE

Augstāko mugurkaulnieku nierēs sastāv no ļoti daudzām vienādām morfoloģiski funkcionālām vienībām — nefroniem. Govij abās nierēs ir > 8 milj. nefronu, kuru funkcionējošā virsma ir apmēram 39,5 m², cūkai — 1,4 milj. nefronu (funkcionējošā virsma — 7,2 m²), aītai — 1 milj. nefronu (funkcionējošā virsma — 3,5 m²), kaķim — 0,4 milj. nefronu, trusim — 0,3 milj. nefronu, cilvēkam —



35. aff. Malpīģija kamoliņa un Boumena kapsulas shēma:

1 — pievadošais asinsvads (*vas afferens*), 2 — aizvadošais asinsvads (*vas efferens*),
3 — Malpīģija kamoliņa kapilāri, 4 — Boumena kapsulas lumens, 5 — kanāliņš, 6 —
Boumena kapsulas siens.



36. att. Nefrona uzbūves shēma:

1 — Malpīģija kamoliņš, 2 — pirmās pakāpes likumainais kanāliņš, 3 — Šumļanska (Henles) cilpa, 4 — otrās pakāpes likumainais kanāliņš.

2 milj. nefronu, kuru kanāliņu kopējais garums ir 100 ... 120 km un to sienu virsma — 5 ... 8 m². Katrs nefrons sastāv no divām daļām:

- 1) asinsvadu kamoliņa jeb Malpīģija kamoliņa un
- 2) kanāliņu sistēmas (35., 36. att.).

Asinsvadu kamoliņš atrodas nieru garozas daļā, un to aptver Boumena kapsula. Boumena kapsulas siena sastāv no viscerālās un parietālās membrānās, kuras ir uzbūvētas no vienkārtainā epitēlija šūnām. Viscerālā membrāna aptver asinsvadu kamoliņa kapilārus un pariet parietālajā membrānā tajā vietā, kur asinsvadu kamoliņam pienāk un no tā atiet asinsvadi. Starp membrānām paliek spraugveida dobums, kurš tālāk pariet tieši kanāliņā. Sākumā kanāliņš ir likumains un veido pirmās pakāpes likumaino kanāliņu. Uz robežas starp nieru garozas un serdes daļu likumainais kanāliņš iztaisnojas un veido taisno kanāliņu. Serdes kārtā kanāliņš apliecās un dodas atpakaļ — virzienā uz garozas kārtu, veidojot Šumļanska (Henles) cilpu, kas sastāv no descendējošās un ascendējošās daļas. Abas daļas atrodas blakus viena otrai. Šumļanska cilpas ascendējošā daļa ir platāka un, nonākusi nieru garozas kārtā, kļūst likumaina, veidojot otrās pakāpes likumaino kanāliņu, kas atveras izvadkanāliņā (*tubulus collectivus*). Izvadkanāliņi, izejot caur nieru garozas un serdes daļām, atveras nieru bļodiņā.

Nieres ar asinīm apgādā nieru artērijas (*aa. renales*). Katrā Boumena kapsulā nokļūst viena artēriola — pievadotšais asinsvads (*vas afferens*), kas kapsulas dobumā sadalās kapilāros, veidojot Malpīģija kamoliņu. No kamoliņa asinis aizplūst pa aizvadošo asinsvadu (*vas efferens*), kurš, aizgājis no Boumena kapsulas, sadalās jaunā kapilāru tīklā, kas cieši apņem likumainos kanāliņus un Šumļanska cilpu. Izgājušas cauri šiem kapilāriem, asinis nokļūst vēnās, kuras savienojoties veido nieru vēnu (*v. renalis*). Tādējādi asinis nierēs iziet cauri divkārtam kapilāru tīklam, t. i., cauri Malpīģija kamoliņam un apkanāliņiem novietoto kapilāru tīklam.

URĪNA FIZIKĀLĀS UN ĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS

Urīna fizikālās un ķīmiskās īpašības atkarīgas no dzīvnieka sugas, uzņemtā ūdens daudzuma, barības sastāva, dzīvnieka nodarbināšanas, apkārtējās vides temperatūras, diennakts laika un citiem faktoriem. Daudzu slimību gadījumā, piemēram, nieru, aknu, sirds, gremošanas trakta un citu orgānu funkciju traucējumu gadījumos, līdztekus asins fizikālo un ķīmisko īpašību pārmaiņām mainās arī urīna īpašības un sastāvs. Vielu maiņas procesu traucējumu dēļ urīnā lielākā daudzumā var parādīties tādas vielas, kuras normālos apstākļos tajā nav sastopamas vai sastopamas ļoti niecīgā daudzumā, piemēram, glikoze, olbaltumvielas. Tādēļ urīna analīzēm ir svarīga nozīme ne tikai fizioloģiskajos eksperimentos, bet arī klīniskajā praksē.

URĪNA KRĀSA

Urīna krāsu nosaka mēģenē uz balta fona. Dzīvnieku urīna krāsa ir no gaiši dzeltenas līdz tumši brūnai. Zirga urīna krāsa parasti ir no dzeltenas līdz dzelteni brūnai. Atgremotāju urīns ir gaiši dzeltens, dažreiz ar brūnganu nokrāsu. Gaļēdājiem un cūkām ir gaiši dzeltens, bieži vien arī oranži dzeltens urīns.

Urīna krāsa atkarīga no tajā esošajiem pigmentiem, galvenokārt no dzeltenā pigmenta urohroma un mazākā mērā no urobilīna, uroeritrīna, koproporfirīna un uroporfirīna. Urobilīns un uroeritrīns dod urīnam sarkanīgu nokrāsu.

Urīna krāsu (it sevišķi zālēdājiem) ietekmē arī barības sastāvs, jo urīnā nokļūst daudzi augu barības pigmenti. Urīna krāsas intensitāte stipri atkarīga no izdalītā urīna daudzuma; pastiprinoties ūdens izdalīšanai caur nierēm, urīna krāsa kļūst gaišāka, un savukārt diurēzei, t. i., urīna atdalīšanai, samazinoties, piemēram, stipras svīšanas laikā, urīns paliek tumšāks. Stipri palielinoties dažu urīna pigmentu saturam, urīns var nokrāsoties nenormālā krāsā, un šis simptoms var būt saistīts ar dažu organisma funkciju traucējumiem. Ja urīnā ir palielināts (salīdzinājumā ar normu) urobilīna daudzums (urobilinūrija), tad urīns kļūst sarkani brūns, un tas liecina par nopietniem aknu funkciju traucējumiem. Paaugstināts porfirīnu daudzums urīnā (porfirinūrija) liecina par hemoglobīna sadalīšanās traucējumiem. Atsevišķos gadījumos urīnam var būt sarkana krāsa, ko rada tam piejauktas asinis vai tajā izšķīdušais hemoglobīns. Asinis urīnā (hematurija) parādās, ja asiņojumi ir urīna izvadceļos vai arī nieru iekaisuma (nefrīta) gadījumā. Hemoglobīns urīnā (hemoglobīnūrija) nokļūst dažu infekcijas slimību, piemēram, infekciozās anēmijas, pleiopneimonijas un citu slimību gadījumā, kā arī tad, ja dzīvnieki slimo ar hemosporidiozēm vai saindējas ar dažām hemolīzi radošām indīgām vielām, piemēram ar sēnes lāčpurna indi, fenoliem u. c.

URĪNA KONSISTENCE UN BLĪVUMS

Urīna konsistence. Mucīna saturs dēļ viennadžu urīns ir gļotains. (Mucīnu izdala nierēs bļodiņas un urīna izvadceļu gļotu dziedzeri.) Pārējo dzīvnieku urīns ir ūdeņains, mucīna parādīšanās tajā norāda uz iekaisuma procesiem nierēs bļodiņā vai arī urīna izvadceļos.

Urīna blīvums ir atkarīgs no urīnā izšķīdināto vielu koncentrācijas, un tas vienmēr ir < 1 . Urīna blīvumu ietekmē uzņemtā šķidruma daudzums, minerālvielu saturs barībā, apkārtējās vides temperatūra un citi faktori. Zālēdājiem tas ir lielāks nekā gaļēdājiem un visēdājiem.

Urīna blīvums dažādu sugu dzīvniekiem

Zīrgam	1,040 (1,025—1,040)
Govij	1,032 (1,025—1,050)
Aitai	1,042 (1,020—1,060)
Kazai	1,042 (1,020—1,060)
Cūkai	1,012 (1,010—1,050)
Sunim	1,025 (1,016—1,060)
Kaķim	1,030 (1,020—1,040)

Urīna blīvums mainās atkarībā no izdalītā urīna daudzuma: urīna izdalīšanai pavājinoties, tā blīvums pieaug — un otrādi. Urīna blīvuma palielināšanās līdztekus pastiprinātai urīna atdalīšanai (p o l i ū r i j a i) ir novērojama dažos organisma patoloģiskos stāvokļos, piemēram, cukura diabēta (*diabetes mellitus*) gadījumā, kad liela glikozes saturs dēļ urīna blīvums pārsniedz maksimālās normas robežas.

Urīna blīvumu nosaka ar u r o m e t r u.

URĪNA OSMOTISKAIS SPIEDIENS UN REAKCIJA

Urīna osmotiskais spiediens ir ļoti nepastāvīgs un svārstās daudz plašākās robežās nekā asins osmotiskais spiediens, jo ar urīnu no organisma tiek izvadītas osmotiski aktīvas vielas. Urīna depresijas (sasalšanas punkta pazeminājums zem 0°C) lielumu ietekmē barības sastāvs, uzņemtā šķidruma daudzums un citi faktori.

Urīna depresija ($^{\circ}\text{C}$) cilvēkam un dzīvniekiem

Cīvēkam	1,25—1,60
Zīrgam	1,77—2,0
Govij	1,71
Cūkai	1,87
Sunim	1,57—3,64
Kaķim	4,1—5
Trusim	0,547—1,22

(Minētie urīna depresijas skaitļi atbilst 35 ... 112 atmosfēru spiedienam.)

Urīna reakcija ir atkarīga galvenokārt no barības rakstura un sastāva. Olbaltumvielām bagāta barība (gaļa) satur relatīvi maz bāzisko vielu, un to nepietiek, lai pilnīgi neitralizētu skābes (fosforskābi un sērskābi), kuras veidojas, oksidējoties olbaltumvielās esošajam fosforam un sēram. Tādēļ gaļēdāju urīnam gandrīz vienmēr ir vāji skāba reakcija (pH 5,7 ... 7), ko nosaka bagātīgs dihidrogēnfosfātu (NaH_2PO_4 un KH_2PO_4) saturs urīnā. Augu barība (zāle, siens) sastāv galvenokārt no oghidrātiem, kuriem oksidējoties veidojas bāziskie karbonāti. Tādēļ, uzņemot pietiekamā daudzumā augu barību, urīnam bāzisko karbonātu satura dēļ ir sārmaina reakcija, kas raksturīga zālēdājiem: zirgam urīna pH ir 7,1 ... 8,7, govij — 7,4 ... 8,7. Visēdājiem atkarībā no barības urīna reakcija ir no vāji skābas līdz sārmainai. Izēdinot zālēdājiem lielākā daudzumā olbaltumvielām bagātu koncentrētu barību, to urīna reakcija var kļūt skāba. Urīna reakcija ir skāba arī teļiem un kumelēm piena periodā.

URĪNA ĶĪMISKAIS SASTĀVS

Urīna sastāvā ietilpst vairāk nekā 150 visdažādāko neorganisko un organisko vielu. Tas satur apmēram 96% ūdens un 4% sausnes. Sausnes lielāko daļu sastāda dažādas organiskās vielas. Gandrīz visas vielas, kuras atrodas urīnā, ir sastopamas arī asinīs, tikai citādā koncentrācijā. Tā, piemēram, urīnā ir 70 reīzu vairāk urīnvielas, 25 reizes vairāk urīnskābes, 100 reīzu vairāk kreatinīna, 90 reīzu vairāk sulfātu, 30 reīzu vairāk fosfātu un 7 reizes vairāk kālija jonu nekā asins plazmā. Asinīs nav atrodamas tikai tās urīna sastāvdaļas, kuras tiek sintezētas nierēs, piemēram, hipūrskābe.

Urīna neorganiskie savienojumi

No neorganiskajiem savienojumiem urīnā visvairāk ir hlorīdu, galvenokārt nātrijs hlorīda veidā. Vienā litrā zirga urīna ir 2,5 ... 22,7 g hlorīdu. Hlorīdu daudzums urīnā atkarīgs no to satura barībā, dzirdināšanas režīma un nieru funkcionālā stāvokļa. Dažos organisma patoloģiskos stāvokļos, piemēram, badošanās laikā, ja veidojas eksudāts un ir paaugstināta ķermeņa temperatūra, hlorīda saturs urīnā samazinās.

Mazākā daudzumā nekā hlorīdi urīnā ir atrodami sērskābie un fosforskābie nātrijs un kālijs sāļi. Sulfātu veidā ar urīnu izdalās daļa organismā uzņemto un sašķelto olbaltumvielu sēra, tādēļ gaļēdājiem urīnā sulfātu ir vairāk nekā zālēdājiem. Fosfātu daudzums urīnā atkarīgs no šo sāļu satura barībā, kā arī no fosforu saturošo organisko savienojumu (nukleoproteīdu, fosfoproteīdu, fosfolipīdu u. c.) oksidēšanās intensitātes organismā. Gaļēdājiem un visēdājiem, kuri uzņem ar nukleoproteīdiem bagātu barību, urīnā

fosfātu ir vairāk nekā zālēdājiem. Fosfātu saturs urīnā stipri pieaug acidozes gadījumā.

Sārmainā urīnā, kas izdalās, patērējot galvenokārt augu valsts barības līdzekļus, ir sastopami arī hidroģēnkarbonāti. To daudzums urīnā pieaug, ja organismā ir alkalozes stāvoklis.

Galvenie katjoni urīnā ir nātrija un kālija joni. Nātrija un kālija kvantitatīvās attiecības urīnā mainās atkarībā no barības rakstura. Augu valsts barības līdzekļos ir ļoti daudz kālija, tādēļ zālēdājiem ar urīnu izdalās vairāk kālija nekā gaļēdājiem.

Kalcija un magnija joni ar urīnu izdalās niecīgā daudzumā; tie izdalās no organisma galvenokārt caur gremošanas traktu.

Ar urīnu izdalās arī amonija joni. Sunim ar urīnu diennakti vidēji izdalās 0,44 g, zirgam — 0,36 g, aītai — 0,22 g, cilvēkam — 0,3 ... 1,2 g amonija sāļu. Amonija sāļu saturs urīnā atkarīgs no barības sastāva: palielinoties olbaltumvielu saturam barībā, pastiprinās amonija sāļu izvadīšana ar urīnu. Amonija sāļu saturs urīnā stipri palielinās organisma acidozes stāvoklī, jo šajā gadījumā amonjaks lielākā daudzumā nekā parasti tiek izlietots nierēs skābju neutralizēšanai.

Urīna organiskie savienojumi

No urīna organiskiem savienojumiem vissvarīgākie ir slāpekli saturošie olbaltumvielu maiņas galaprodukti, piemēram, urīnviela, urīnskābe, purīna bāzes, kreatīns, hipūrskābe un citas vielas.

Urīnviela $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ zīdītājiem dzīvniekiem ir galvenais olbaltumvielu maiņas galaprodukts. Tās sastāvā ietilpst apmēram 90% visa urīna slāpekļa. Gaļēdāji izdala relatīvi vairāk urīnvielas nekā zālēdāji, jo tās daudzums urīnā ir atkarīgs no uzņemto olbaltumvielu daudzuma. Normālos barošanas apstākļos zirgs diennakti ar urīnu izdala 75 ... 150 g, govys — 60 ... 100 g, suns — 3 ... 10 g, cilvēks — 30 ... 35 g urīnvielas.

Slimojot ar aknu taukaino degenerāciju, aknu cirozi, aknu vēzi un citām slimībām, samazinās izdalītās urīnvielas daudzums, jo pavājinās tās sintēze. Pastiprināta (salīdzinājumā ar normu) slāpekli saturošo vielu (to skaitā arī urīnvielas) izvadīšana ar urīnu novērojama tad, ja pastiprināti noārdās audu olbaltumvielas, piemēram, drudzā un dažos saindēšanās gadījumos.

Urīnskābes ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3\text{N}_4$) — nukleoproteīdu maiņas galaprodukta daudzums zīdītāju urīnā ir niecīgs. Tā, piemēram, zirgs diennakti ar urīnu izdala 0,5 g urīnskābes. Vēl mazākā daudzumā nekā urīnskābe zīdītāju dzīvnieku urīnā ir purīna bāzes (guanīns, adenīns, ksantīns, hipoksantīns). Savukārt putniem (arī rāpuļiem) urīnā ir ļoti daudz urīnskābes, kas satur ap 70% urīna slāpekļa.

Zīdītāju dzīvnieku urīns vienmēr satur kreatīnu, kas ir kreatīna anhidrīds un veidojas muskuļaudos kontrakciju laikā, sa-

irstot fosfagēnam. Zirga urīns satur 0,048 ... 1,038%, govu urīns — apmēram 0,135% kreatinīna, kura sastāvā ietilpst apmēram 2% kopējā urīna slāpekļa. Kreatinīna saturs urīnā pieaug intensīvā muskuļu darba laikā.

Hipūrskābe ($C_6H_5CONHCH_2COOH$) lielākā daudzumā saņemama tikai zālējūru urīnā, jo tās sintēzei nepieciešamā benzoskābe organismā rodas, noārdoties aromātiskiem savienojumiem, kurus bagātīgi satur augu valsts barības līdzekļi. Zirgs diennaktī izdala apmēram 160 g, govs — 150 g, aita — 30 g un suns — 0,2 g hipūrskābes.

Urīnā atrodas arī dažādi sērskābes un glikuronskābes savienojumi ar indīgiem olbaltumvielu pūšanas produktiem (fenolu, skatolu, indolu, krezolu), piemēram, fenolsērskābe, skatoksilsērskābe, indoksilsērskābe, fenolglikuronskābe, krezolglikuronskābe u. c. Indoksilsērskābes nātrijs vai kālija sāls — indikāns ir pastāvīga urīna sastāvdaļa, un tā daudzums, piemēram, zirga urīnā parasti nepārsniedz 20 ... 30 mg/100 g. Pastiprinoties pūšanas procesiem gremošanas traktā, kā arī hronisku zarnu kataru gadījumā, indikāna daudzums urīnā var vairākkārt palielināties, tādēļ tā noteikšanai ir svarīga nozīme klīniskajā diagnostikā.

Glikuronskābes savienojumu veidā no organisma ar urīnu izdala arī dažas ārstniecības vielas, piemēram, kampars, morfīns, hlorāldrāts u. c.

Urīnā nokļūst arī dažas indīgas vielas, kuras veidojas intermediārās vielu maiņas procesos (amīni), dažādas bioloģiski aktīvas vielas, piemēram, fermenti (proteāzes, amilāze, lipāze), hormoni (dzimumhormoni, virsnieru garozas hormoni) un daži vitamīni (C un B kompleksa vitamīni), aminoskābes (histidīns, glutamīnskābe, asparagīnskābe, lizīns u. c.), kā arī tādās organiskās skābes kā pienskābe, skābenkābe, etiķskābe, sviestskābe, baldriānskābe u. c.

Ar urīnu izdalās arī pigmenti urobilīns un urohroms, kuri veidojas zarnu sienās (daļēji arī nierēs) no žults pigmentiem, kā arī barības pigmenti.

Normālos apstākļos urīns nesatur olbaltumvielas, jo normāli funkcionējošas nierēs tās nelaiž cauri savām asinsvadu kapilāru sienām. Asins plazmas olbaltumvielas urīnā var parādīties dažos patoloģiskos gadījumos un pie tam relatīvi lielā daudzumā (0,2 ... 0,5% un vairāk). Olbaltumvielu izvadīšanu ar urīnu sauc par albuminūriju, un tā parasti novērojama, ja ir iekaisušas nierēs (nefrīts) vai arī traucēta nieru apasiņošana. Ja ir akūts nieru iekaisums, olbaltumvielu daudzums urīnā var sasniegt pat 6%. Dažreiz stipras muskuļu piepūles vai hipotermijas (organisma atdzišanas) rezultātā, kā arī grūsnības beidzamajā periodā novērojama fizioloģiskā albuminūrija, kas ir sekas no nieru asinsrites vai asins olbaltumvielu koloidālā stāvokļa pārmaiņām.

Glikozes saturs normālā urīnā ir tik niecīgs (nepārsniedz 0,02%), ka to nevar noteikt ar parastām cukura noteikšanas

metodēm. Pastiprinātu glikozes izvadīšanu ar urīnu sauc par glikozūriju. To var izraisīt lielāks uzņemtā cukura daudzums (alimentārā glikozūrija), emocionāls uzbudinājums vai dažas slimības, kad glikozes saturs urīnā sasniedz 4 ... 10%. Glikozūrija parasti iestājas tad, kad ir hiperglikēmija.

Dažreiz ar urīnu izdalās arī citi ogļhidrāti, piemēram, fruktoze, laktoze, arabinoze, pentoze, un tad atkarībā no izdalītā cukura veida iestājas fruktozūrija, laktozūrija vai pentozūrija. Ja ir traucēta vielu maiņa, tad ar urīnu lielākā daudzumā izdalās ketonvielas (acetons, acetetiķskābe, β -oksisviestskābe), izraisot ketonūriju vai acetonūriju. Ja slimas aknas, urīnā var parādīties žults pigmenti un žultsskābes.

IZDALĪTĀ URĪNA DAUDZUMS

Diennakti izdalītā urīna daudzums ir ļoti mainīgs. Zirgs diennakti izdala vidēji 3 ... 10 l, govys — 6 ... 25 l, aita un kaza — 0,5 ... 2 l, cūka — 2 ... 6 l, liels suns — 0,5 ... 2 l, kaķis — 0,05 ... 0,2 l, trusis — 0,04 ... 0,4 l, cilvēks — 1 ... 1,5 l urīna.

Izdalītā urīna daudzumu nosaka daudzi un dažādi faktori, pirmām kārtām uzņemtā šķidruma daudzums, barības sastāvs, apkārtējās vides temperatūra, diennakts laiks, muskuļu darbs u. c.

Ievadot organismā lielāku daudzumu šķidruma, palielinās izdalītā urīna daudzums. Urīna veidošanās intensitātes maksimums iestājas apmēram 30 ... 50 minūtes pēc šķidruma uzņemšanas, un diurēze sāk samazināties tikai tad, kad no organisma ir izvadīti apmēram 60% uzņemtā šķidruma (pēc 1,5 ... 2 stundām). Urīna pastiprināta izvadīšana novērojama, izēdinot barību ar augstu olbaltumvielu saturu, jo olbaltumvielu šķelšanās produkti aktivizē urīna veidošanos.

Izdalītā urīna daudzums samazinās pastiprinātas svīšanas laikā, jo tad attiecīgs ūdens daudzums no organisma izdalās caur sviedru dziedzeriem. Tādēļ visi tie faktori, kuri pastiprina sviedru atdalīšanos, piemēram, paaugstināta apkārtējās vides temperatūra, muskuļu darbs, samazina diurēzi. Dzīvnieki, kuriem sviedru atdalīšanās ir necīga (govys, suņi), izdala relatīvi vairāk urīna nekā dzīvnieki ar intensīvi funkcionējošiem sviedru dziedzeriem (zirgi). Urīna veidošanās intensitāte ir atkarīga arī no diennakts laika. Naktī urīna veidošanās ir pavājināta pat tad, ja naktī organisms uzņem tikpat daudz šķidruma cik dienā. Tas izskaidrojams ar vielu maiņas pavājināšanos un vispārējā asinsspiediena samazināšanos naktī, tādēļ pavājinās filtrācijas procesi nierēs.

Dažos organisma patoloģiskajos stāvokļos ir novērojama pastiprināta diurēze — poliūrija, vai arī stipri samazināta urīna izdalīšanās — oligūrija, vai pat pilnīgs urīna izdalīšanās pārtraukums — anūrija. Sakarā ar anūriju asinīs uzkrājas olbaltumvielu maiņas galaprodukti, rodas urēmija, un organismā

intoksikācijas rezultātā iestājas nāve. Anūrija novērojama, ja dzīvnieks saslimst ar toksisko nefritu. Oligūrija rodas tad, ja ir caureja, paaugstināta ķermeņa temperatūra, kā arī pēc vemšanas. Stipri izteikta poliūrija novērojama bezcukura diabēta (*diabetes insipidus*) gadījumā.

NIERU FUNKCIJU PĒTĪŠANAS METODES

Nieru funkcijas pēta, galvenokārt nosakot izdalītā urīna sastāvu un daudzumu dažādos eksperimentālos apstākļos.

Svarīga nozīme ir nieru funkciju pētīšanas metodei, pēc kuras urīnu iegūst tā veidošanās procesā. Narkotizētai vardei pārgriež vēdera sienu, atsedz vienu nieri un novieto mikroskopa redzeslaukā. Pēc tam atrod Malpīģija kamoliņu un ar mikromanipulatoru Boumena kapsulā ievada kvarca mikropipetes galu (37. att.). Vienlaikus ar ļoti tievu stikla spieķīti saspiež kanāliņu, kas atiet no Boumena kapsulas, un caur mikropipeti atsūknē Boumena kapsulas šķidrumu. Mikropipeti var ievadīt arī nieru kanāliņos un atsūknēt to saturu. Pēc tam, izdarot mikroķīmiskās analīzes, var spriest par urīna veidošanās mehānismu.

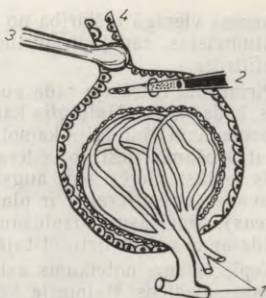
Nieru funkciju pētīšanā pēdējos gados arvien plašāk lieto radioaktīvo izotopu metodi, ar kuru var pētīt urīna veidošanās intīmo mehānismu, netraucējot organisma funkcionālo vietotību.

URĪNA ATDALĪŠANĀS

URĪNA VEIDOŠANĀS MEHĀNISMS

Urīna veidošanās procesā izšķir divas fāzes.

Urīna veidošanās pirmajā — filtrācijas fāzē notiek asins plazmas filtrācija no Malpīģija kamoliņa asinsvadiem Boumena kapsulas dobumā. Malpīģija kamoliņa kapilāru endotēlijs un Boumena kapsulas viscerālā membrāna, kas apsedz Malpīģija kamoliņa asinsvadus, funkcionē līdzīgi filtriem, neļaujot cauri formelementus un arī asins plazmas olbaltumvielas. Filtrācijas rezultātā Boumena kapsulas dobumā un pēc tam nieru kanāliņā nonāk šķidrums, ko sauc par pirmurīnu jeb provizorū urīnu.



37. att. Filtrāta iegūšana no Boumena kapsulas:

1 — Malpīģija kamoliņa asinsvadi, 2 — mikropipete, 3 — stikla spieķītis, kas nospiež atplūst urīnam no Boumena kapsulas, 4 — kanāliņš.

Pirmurīna vienīgā atšķirība no asins plazmas ir tā, ka tas nesatur olbaltumvielas, tādēļ pirmurīnu var uzskatīt par asins plazmas ultrafiltrātu.

Pirmurīna filtrāciju rada augsts (65 ... 90 mm Hg) asinsspiediens, kāds pastāv Malpīģija kamoliņa kapilāros. So relatīvi augsto asinsspiedienu Malpīģija kamoliņā nosaka nieru artērijas (*a. renalis*) atzarošanās tieši no vēdera aortas (*aorta abdominalis*), tādēļ asinis ieplūst nierēs zem augsta spiediena. Bez tam pievadošais asinsvads (*vas afferens*) ir platāks par aizvadošo asinsvadu (*vas efferens*), tādēļ asins aizplūšana no Malpīģija kamoliņa ir kavēta un līdz ar to palīdz uzturēt tajā paaugstinātu asinsspiedienu.

Nepieciešams noteikums asins plazmas ultrafiltrācijai ir tāds, lai asinsspiediens Malpīģija kamoliņos pārsniegtu asins plazmas onkotisko spiedienu, jo onkotiskais spiediens kavē filtrāciju. Asins plazmas onkotiskais spiediens, kā zināms, nepārsniedz 25 ... 30 mm Hg spiedienu.

Starpību starp asinsspiedienu Malpīģija kamoliņos un asins plazmas onkotisko spiedienu sauc par filtrācijas spiedienu. Jo lielāks ir filtrācijas spiediens, jo intensīvāka ir pirmurīna veidošanās, un otrādi. Tā, piemēram, samazinoties asinsspiedienam vēdera aortā līdz 30 ... 50 mm Hg, asinsspiediens Malpīģija kamoliņa kapilāros nepārsniedz asins plazmas onkotisko spiedienu, tādēļ nenotiek pirmurīna filtrācija. Pirmurīna veidošanās tiek pārtraukta arī, ja eksperimentāli, ievadot asinīs koloīdus, paaugstina asins plazmas onkotisko spiedienu, līdz tas kļūst vienāds ar asinsspiedienu Malpīģija kamoliņos. Ievadot asinīs lielākā daudzumā fizioloģisko šķīdumu, asins plazmas onkotiskais spiediens tās koloīdu atšķaidīšanas rezultātā samazinās, bet asinsspiediens paaugstinās, tādēļ palielinās filtrācijas spiediens un pastiprinās pirmurīna filtrācija.

Urīna veidošanās otrā — reabsorbcijas (atpakaļ uzsūkšanās) fāze norisinās nieru kanāliņos, kur notiek intensīva aminoskābju, hlorīdu, ūdens, glikozes un hidrogēnkarbonātu uzsūkšanās. Sulfāti un kreatinīns nieru kanāliņos nemaz neuzsūcas, urīnviela un urīnskābe uzsūcas ļoti niecīgā daudzumā.

Pirmurīns, plūstot pa nieru kanāliņiem, stipri pārmainās, un reabsorbcijas rezultātā izveidojas galīgais jeb definitīvais urīns, kas tiek izvadīts no organisma.

Ūdens uzsūkšanās rezultātā krasi samazinās šķidruma daudzums, kas plūst caur nieru kanāliņiem. Tā, piemēram, izpētīts, ka vardei 1 stundā abās nierēs veidojas 2 ml pirmurīna, bet izdalās tikai 0,2 ml urīna. Tas norāda, ka 90% ūdens uzsūcas atpakaļ nieru kanāliņos.

Tikpat intensīva ūdens reabsorbcija notiek arī zīdītāju dzīvnieku nierēs, par ko liecina dažu vielu, piemēram, sulfātu un urīnvielas koncentrācijas pieaugums galīgajā urīnā salīdzinājumā ar šo vielu procentuālo saturu pirmurīnā.

Pirmurīna un galīgā urīna sastāvs

Vielas	Saturs (%)		Cik reizu attiecīgās vielas koncentrācija galīgajā urīnā lielāka nekā pirmurīnā
	pirmurīnā	galīgā urīnā	
Urīnviela	0,03	2,0	67
Urīnskābe	0,004	0,05	12
Amonjaks	0,001	0,04	40
Glikoze	0,1—0,15	—	—
Kālijs	0,02	0,15	7
Nātrijs	0,32	0,35	1
Magnijs	0,001	0,04	40
Kalcijs	0,0025	0,006	2,4
Hlors	0,37	0,6	1,6
Fosfāti	0,009	0,27—0,15	30—16
Sulfāti	0,002	0,18	90

Dažādu vielu reabsorbcijas intensitāte nieru kanāliņos ir stipri nevienāda. Reabsorbcijas kvantitatīvo un kvalitatīvo norisi uzskatāmi raksturo pirmurīna un galīgā urīna ķīmiskās analīzes dati.

Dažas vielas nieru kanāliņos uzsūcas ļoti intensīvi: asinīs atpakaļ pilnīgi uzsūcas glikoze, kā arī > 98% nātrija un hlorīdu. Tādēļ galīgais urīns nesatur glikozi, bet nātrija un hlorīdu koncentrācija tajā ir līdzīga kā pirmurīnā.

Izšķir pasīvu un aktīvu reabsorbciju. Pasīvās reabsorbcijas gadījumā vielas nokļūst atpakaļ asinīs pasīvi, t. i., difundējot caur nieru kanāliņa sienu. Aktīvā reabsorbcijā dažas vielas, piemēram, glikozi, nātrija, kālija un hlora jonus, aktīvi sver nieru kanāliņa epitēlija šūnas un novada tās asinīs.

Līdztekus reabsorbcijai notiek arī nieru kanāliņu epitēlija šūnu sekrēcija. Epitēlija šūnas izdala dažas vielas (kreatinīnu, hipūrskābi, dažādas organismā ievadītas krāsvielas, penicilīnu u. c.) kanāliņu lūmenā.

Kanāliņu epitēlijā notiek arī dažu vielu sintēze, piemēram, hipūrskābes veidošanās no glikokola un benzoscābes.

27. tabula

Dažādu vielu reabsorbcijas intensitāte nierēs

Vielas	Saturs (g)		
	90 litros pirmurīna	uzsūcas atpakaļ asinīs (no 90 l pirmurīna)	1 litrā galīgā urīna
Glikoze	90	90	—
Nātrijs	270	266,5	3,5
Hlorīdi	333	327	6
Urīnviela	27	7	20
Urīnskābe	3,6	3,1	0,5
Kālijs	18	16,5	1,5
Fosfāti	8,1	6,6	1,5
Sulfāti	1,8	—	1,8

Tādējādi urīna veidošanās ir sarežģīts process, kurā līdztekus filtrācijai un reabsorbīcijai novērojamas arī sekrēcijas un sintēzes parādības. Tas viss nosaka intensīvu vielu maiņu nieru audos; nierēs uz katru gramu audu 1 minūtē patērē 0,05 ml skābekļa (6...7 reizes vairāk nekā muskuļaudi), un vielu maiņas intensitāte nierēs 20 reizes pārsniedz vidējo vielu maiņas intensitāti organismā.

URĪNA VEIDOŠANĀS REGULĀCIJA

Nieru darbības intensitāte var stipri mainīties. Urīna veidošanās pastiprinās, palielinoties asinīs ūdens, nātrijs hlorīda un slāpekli saturošo vielu daudzumam, kā arī urīndzīvēju vielu (urīnvielas, kofeīna u. c.) ietekmē. Savukārt diurēzes samazināšanās iestājas miegā, muskuļu atpūtas, daļējas vai pilnīgas badošanās, pastiprinātas svīšanas laikā, kā arī tad, ja samazinās uzņemtā ūdens daudzums. Visas nieru darbības intensitātes izmaiņas notiek nervu impulsu vai hormonu ietekmē.

Nieru darbības neirālā regulācija. Nieres bagātīgi apgādātas ar veģetatīvās nervu sistēmas simpātiskajām un parasimpātiskajām nervu šķiedrām, kas atrodas kā nieru asinsvadu sienās, tā arī nieru kanāliņu epitēlijā.

Kairinot nieru simpātiskās nervu šķiedras, samazinās diurēze un pastiprinās nātrijs hlorīda izdalīšana. Parasimpātisko nervu šķiedru kairināšana izraisa diurēzes pastiprināšanos un slāpekļa maiņas galaproduktu izdalīšanās samazināšanos. Veģetatīvie nervi ietekmē urīna izdalīšanos, sašaurinot vai paplašinot nieru asinsvadus, t. i., pavājinot vai pastiprinot asins piegādi nierēm.

Ceturtnā smadzeņu dobuma dibenā atrodas urīna veidošanās regulācijas centrs, kura funkcijas savukārt ir pakļautas galvas smadzeņu garozas ietekmei.

Liela bioloģiska nozīme ir arī tādām nieru beznosācijuma un nosācijuma reflektoriskajām reakcijām, kas rodas, kairinot urīna izvadceļu vai gremošanas trakta receptorus. Kairinot urīnpūšļa interoreceptorus, ko panāk, ievadot tajā lielāku ūdens daudzumu, iestājas krasi diurēzes samazināšanās. Barības nokļūšana mutes dobumā vai kuņģī arī var būt signāls diurēzes intensitātes pārmaiņām, pie tam šī signāla raksturs ir atkarīgs no barības sastāva un konsistences.

Stipra, īslaicīga sāpju kairinājuma ietekmē iestājas oligūrija vai pat pilnīgs urīna atdalīšanās pārtraukums — sāpju anūrija, kas dažreiz ilgst 15...20 minūtes.

Nieru darbības hormonālajā regulācijā vislielākā nozīme ir hipofīzes pakalējās daivas hormonam vazopresīnam (adīuretīnam), kas pastiprina ūdens un pavācina nātrijs un kālija jonu reabsorbīciju nieru kanāliņos, tādēļ krasi samazinās diurēze.

Vīrsnieru garozas hormoni (kortikoīdi) sekmē filtrācijas norisi, kavē ūdens un kālija jonu un stimulē nātrijs jonu re-

absorbēciju. Virsnieru serdes hormons *adrenālīns*, sašaurinot Malpīģija kamoliņu pievadošos asinsvadus, samazina asins piegādi nierēm un līdz ar to pavājina diurēzi. Vienlaicīgi palielinot vispārējo asinsspiedienu, adrenalīns pastiprina pirmurīna filtrāciju un līdz ar to diurēzi. Tādēļ adrenalīna ietekmi uz urīna veidošanās procesu katrā atsevišķā gadījumā nosaka abi minētie tā iedarbības veidi.

URĪNA IZVADĪŠANA

Urīns, izejot caur nieru izvadkanāliņiem, satek nierēs blodiņā, kas, piepildoties ar urīnu, kontrahējas un izspiež urīnu urīnvadā, pa kuru urīns tiek novadīts urīnpūslī.

Urīna pārvietošanos urīnvados nosaka hidrostatiskais spiediens un urīnvadu peristaltiskās kontrakcijas. Peristaltiskie kontrakciju viļņi izplatās pa urīnvadu ar ātrumu 20 ... 30 mm/s un seko cits citam pēc noteikta intervāla. Atkarībā no diurēzes intensitātes 1 minūtē novērojamas 1 ... 6 peristaltiskās urīnvada kontrakcijas.

Peristaltiskās kontrakcijas novērojamas arī izolētā urīnvadā, kas ievietots siltā Ringera šķīdumā; tātad tās nosaka paša urīnvada sienas automātija.

Urīnpūslis ir dobs, muskuļains orgāns, kura sienas gludās muskulatūras slānis sastāv no ārējās un iekšējās gareniskās un vidējās cirkulārās kārtas. Urīnkanāla sāksnās vietā urīnpūšļa cirkulārā muskuļu kārtā veido urīnpūšļa slēdzējmuskuli (*m. sphincter vesicae*). Nedaudz zemāk atrodas urīnkanāla slēdzējmuskulis (*m. sphincter urogenitalis*), ko veido šķērs-svīrotie muskuļaudi. Urīnpūšļa un urīnkanāla slēdzējmuskuli noslēdz urīnkanāla atveri un neļauj urīnam nepārtraukti izdalīties no urīnpūšļa. Urīnvadi iziet cauri urīnpūšļa muskulatūrai slīpā virzienā un pēc tam 3 ... 5 cm iet starp urīnpūšļa gļotādu un muskuļu kārtu. Urīns, sakrājoties urīnpūslī, piespiež tā gļotādu pie muskuļu kārtas un noslēdz urīnam ceļu atpakaļ urīnvados.

Urīnpūslī un tā slēdzējmuskulī inervē parasimpātiskie un simpātiskie nervi. Parasimpātisko nervu šķiedru uzbudinājums rada urīnpūšļa sienas muskulatūras kontrakciju un tā slēdzējmuskula atslābumu, t. i., izraisa urīnpūšļa iztukšošanos. Savukārt simpātisko nervu šķiedru uzbudinājums rada pretējus efektus — urīnpūšļa muskulatūras atslābumu, kā arī urīnpūšļa slēdzējmuskula kontrakciju. Urīnkanāla slēdzējmuskulī inervē *kaunuma nervs* (*n. pudendus*), un šī muskuļa funkcijas ir pakļautas gribas impulsiem.

Urīnpūšļa sienas muskulatūra pastāvīgi atrodas tonusa stāvoklī. Piepildoties ar urīnu, urīnpūslis izplešas, un, līdzīgi kā citos dobos orgānos, tā muskulatūras tonuss nemainās, tādēļ spiediens urīnpūslī nepaaugstinās. Tā, piemēram, sunim urīnpūšļa dobums

var paplašināties 5...6 reizes bez spiediena paaugstināšanās. Tas nodrošina ilgstošu urīna aizturēšanu urīnpūslī.

Ja urīns uzkrājas urīnpūslī ļoti lielā daudzumā, spiediens tajā sāk strauji celties un sasniedz 12...15 cm H₂O. Paaugstināts spiediens kairina urīnpūšļa sienas receptorus, un to uzbudinājums pa aferentajām nervu šķiedrām tiek novadīts muguras smadzeņu krustu nodalījumā (2...4. krustu skriemeļu apvidū) esošajā urīna izvadīšanas centrā, no kurienes pa parasimpātiskajām nervu šķiedrām nāk atbildes impulsi uz urīnpūslī un tā slēdzējmuskuļi, izraisot urīnpūšļa iztukšošanu. Vienlaikus pa simpātiskajām nervu šķiedrām urīna izvadīšanas centrs nosūta kavējuma impulsus uz urīnpūšļa slēdzējmuskuļi.

Tātad, lai urīnpūslis iztukšotos, tā muskulatūras kontrakcijai jānotiek vienlaikus ar slēdzējmuskuļa atslābumu. Urīna izvadīšanas aktā piedalās arī vēdera sienas muskulatūra, kas kontrahējoties palielina intraabdominālo spiedienu, paaugstinot ar to spiedienu urīnpūslī, un tādējādi sekmē tā iztukšošanu.

Ja urīnpūslis ir stipri piepildīts ar urīnu un nenotiek tā iztukšošanās, tad urīns vairs nevar ietecēt urīnpūslī un sāk sakrāties urīnvados un nieru bļodiņās. Rezultātā nieru bļodiņās stipri paaugstinās spiediens, kas kavē vai pat pilnīgi pārtrauc urīna veidošanos.

Muguras smadzenēs esošā urīna izvadīšanas centra reflektorisko darbību ietekmē centrālās nervu sistēmas augstākie nodalījumi — iegarenās smadzenes, vidussmadzenes un galvas smadzeņu garoza.

Galvas smadzeņu garozas impulsi, kuri nonāk muguras smadzeņu urīna izvadīšanas centrā, var izraisīt tā uzbudinājumu vai kavējumu, tādēļ urīna izvadīšana no urīnpūšļa cilvēkam un dresētiem dzīvniekiem var notikt arī bez reflektoriskā kairinājuma iedarbības, vai arī urīna izvadīšana var tikt aizturēta, neskatoties uz reflektoriskiem kairinājumiem, kas pienāk no urīnpūšļa. Gribai pakļauta urīna izvadīšanas aizture tiek panākta, galvenokārt kontrahējoties urīnkanāla slēdzējmuskuļim, kas notiek galvas smadzeņu garozas impulsu tiešā ietekmē.

Pārtraucot muguras smadzeņu krustu apvidus sakaru ar galvas smadzenēm, piemēram, pārgriežot muguras smadzenes kraniāli no krustu nodalījuma, gribai pakļautā urīna izvadīšanas aizture kļūst neiespējama un urīnpūslis reflektoriski iztukšojas, tiklīdz tas ir atiecīgi piepildījies.

Urīna izvadīšanu var izraisīt arī nosacījuma reflektoriskie kairinātāji. Tā sunim, urīna izvadīšanas laikā atkārtoti dzirdot kādu skaņu, piemēram, svilpienu, urīna izvadīšana var sākties, ieskanoties tikai šai skaņai vien.

Urīna izvadīšanas biežums ir atkarīgs no barības sastāva, dzirdināšanas biežuma, apkārtējās vides temperatūras un citiem faktoriem. Vidēji diennaktī zirgs urīnu izvada 5...8 reizes, govys — 5...10 reizes, aita un kaza — 1...3 reizes, cūka un suns — 2 vai 3 reizes.

URĪNA ATDALĪŠANĀS ĪPATNĪBAS PUTNIEM

Putniem nav urīnpūšļa un urīnvadi atveras tieši kloākā, tādēļ urīns izdalās kopā ar izkārnījumiem. Lai iegūtu putnu urīnu tīrā veidā, urīnvadus izvada uz ķermeņa virspusi. Urīnvadā var ievietot arī stikla vai plastmasas caurulīti — kanulu, pa kuru savāc izdalīto urīnu.

Kā jau minēts, putnu urīna sastāva raksturīga īpatnība ir tā, ka tajā daudz urīnskābes.

Līdz nonākšanai kloākā putnu urīns ir šķidrš, bet kloākā plēsīgiem putniem tas sajaucas ar izkārnījumiem, izveidojot pārslveidīgu, pusšķidru masu, bet graudēdājiem uz izkārnījumiem veido baltas krāsas aplikumus, kuri sastāv no urīnskābes kristāliem, saistītiem savā starpā ar gļotām. Urīnskābes kristālus var saskatīt mikroskopā kā apaļus, eritrocītu lieluma vai nedaudz mazākus veidojumus.

Putnu nieru histoloģiskā struktūra un to funkcijas nedaudz atšķiras no zīdītāju nieru uzbūves un funkcijām. Putniem nierēs ir relatīvi mazāk Malpīģija kamoliņu un mazāka ir to filtrējošā virsma nekā zīdītāju nierēm, tādēļ izveidotā pirmurīna daudzums putniem arī ir relatīvi mazāks. Putnu nierēs nav otrās pakāpes likumaino kanāliņu, tādēļ Sumļanska cilpas pāriet tieši izvadkanāļos.

Putnu urīna reakcija ir no skābas līdz sārmainai, galvenokārt tā atkarīga no barības sastāva. Izēdinot putniem gaļu, to urīna reakcija parasti ir skāba. Benzoskābe no putnu organisma tiek izvadīta nevis hipūrskābes, bet gan ornitūrskābes veidā. Intensīvas ūdens uzsūkšanās rezultātā nieru kanāļos un kloākā putnu urīns ir stipri hipertonsks.

X. Ādas fizioloģija

ĀDAS FIZIOLOĢISKĀ NOZĪME

Āda aizsargā organismu no mehānisko, ķīmisko un fizikālo (siltuma, gaismas u. c.) kairinātāju kaitīgās iedarbības, kā arī no mikroorganismu iekļūšanas.

Āda ir arī organisma izvadorgāns. Caur ādu (no sviedru dziedzeriem) izdalās ūdens, minerālsāļi, urīnviela, kā arī kaitīgie vielu maiņas galaprodukti.

Svarīga nozīme ādai ir organisma termoregulācijā. Āda un sviedru dziedzeri piedalās siltuma atdošanā un tādējādi palīdz uzretēt ķermeņa temperatūru pastāvīgā līmenī.

Ādā atrodas ļoti daudz nervu galu — gan motoro un taktilo, gan arī vazomotoro un sekretoro. Ādas receptori uztver spiediena, sāpju, taktilos un temperatūras kairinājumus. Receptoru bagātība ādu padara par vienu no galvenajiem organisma analizatoriem (maņu orgāniem).

Āda ir ogļhidrātu, asins, minerālsāļu un ūdens «depo» organismā. Tajā ļoti intensīvi notiek ogļhidrātu (glikogēna) sintēze un noārdīšanās. Ja barībā trūkst ogļhidrātu, to saturs ādā samazinās straujāk nekā asinīs. Ādā veidojas D vitamīns, kā arī lizozīms un imūnvielas. Izdalot asinīs un limfā savus vielu maiņas produktus, āda ietekmē daudzas organisma funkcijas.

Ar nervu un asinsrites sistēmas starpniecību āda ir cieši saistīta ar visiem iekšējiem orgāniem. Ādas receptoru kairinājumi reflektoriski ietekmē sirdsdarbību, asinsspiedienu, elpošanu, muskuļu darbu un citas organisma funkcijas. Daudzu slimību gadījumā, it īpaši, ja traucētas gremošanas un urīna izvadorgānu funkcijas, mainās ādas izskats. Slimojot ar dažām infekcijas un vielu maiņas slimībām, ādā parādās dažādi izsitumi, var mainīties ādas krāsa utt. Ir zināms, ka viens no dzīvnieka saslimšanas simptomiem ir izspūris apmatojums, kā arī matu spīdīguma zudums. Ne velti ādu un matu segu uzskata par spoguļi, kurā atspoguļojas organisma veselības stāvoklis.

Tādējādi ādas fizioloģiskais stāvoklis ir stipri atkarīgs no visa organisma fizioloģiskā stāvokļa, un savukārt organisma veselības stāvoklis ir atkarīgs no normālām ādas funkcijām.

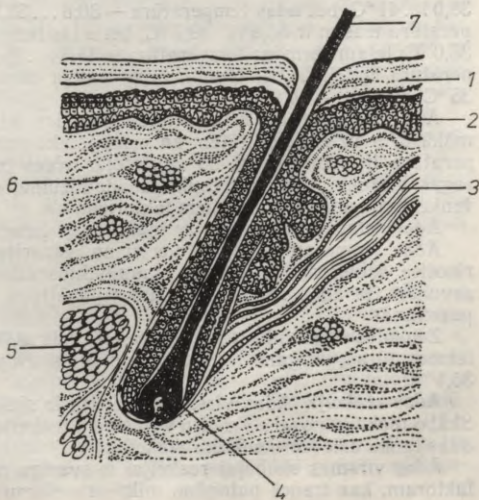
ĀDAS UZBŪVE

Ādas šķērsgriezumā var izšķirt 2 galvenos ādas slāņus: 1) e p i d e r m u, kas sastāv no epitēlijaudiem, 2) d e r m u j e b ī s t o ā d u (*cutis, corium*), kuru veido saistaudi (38. att.). Zem dermas atrodas zemādas saistaudu slānis (*subcutis*).

Ādas virsējais slānis — epiderma veidojas no ārējās dīgļlapas (ektodermas), bet istā āda un zemādas saistaudi — no vidējās dīgļlapas (mezodermas).

Epidermas virsējās kārtas (epidermas raga slānis), kas sastāv no daudzkārtu plakanā epitēlija, nepārtraukti veidojas no epidermas iekšējā — Malpīģija slāņa un pārragojoties pakāpeniski noloabās, radot ādas blaugznošanos.

Istā āda sastāv no viļņveidīgiem, savā starpā krustotiem saistaudu kūlišiem. Istajā ādā atrodas ādas asinsvadi, limfvadi un nervi, kā arī sviedru, tauku dziedzeri un matu saknes. Savelkoties šķērs-svītroti muskuļšūnu kārtai, kas atrodas istās ādas apakšējā slānī, dzīvnieks var veidot ādas krokas, nokratīt no ādas kukaiņus utt. Ap matu somiņām atrodas matu pacēlāji muskuļi (*mm. arrectores pilorum*), kuriem kontrahējoties uz augšu paceļas mati (aukstumā vai arī dzīvnieka uzbudinājuma stāvoklī). Šie muskuļi aptver arī tauku dziedzerus un sviedru izvadkanālus. Sarauļoties tie saspiež tauku dziedzerus, un tādējādi sekmē ādas tauku sekrēciju, bet, vienlaikus saspiežot sviedru dziedzeru izvadkanālus, samazina sviedru



38. att. Ādas šķērs-griezums:

- 1 — epidermas raga kārta, 2 — Malpīģija slānis, 3 — gludo muskuļšūnu kūlītis (*mm. arrectores pilorum*), 4 — mata sakne, 5 — sviedru dziedzeris, 6 — istā āda, 7 — mats.

sekrēciju. Ādas gludajām muskuļšķiedrām kontrahējoties, uz ādas izveidojas nelieli izcilniši (zosāda).

Zemādas saistaudu slānis sastāv no irdenajiem saistaudiem. Zemādas saistaudos nogulsņējas tauki, veidojot rezerves tauku krājumus. Sevišķi labi zemādas taukaudi ir attīstīti cūkām un ūdenī dzīvojošiem zīdītājiem.

Ādas biezums dažādās ķermeņa vietās ir dažāds. Tajās ķermeņa vietās, kuras ir labāk aizsargātas un mazāk pakļautas ārējās vides ietekmei, piemēram, uz ekstremitāšu mediālās virsmas, uz vēdera apakšējās virsmas un citur, āda ir plānāka nekā tur, kur organisms ir mazāk aizsargāts no ārējās vides iespaidiem. Visbiezākā āda ir govīm, bet visplānākā — aitām. Veciem dzīvniekiem, kā arī vīrišķiem indivīdiem āda ir biezāka nekā jauniem un sievišķiem indivīdiem. Vienas un tās pašas šķirnes augstzīgām govīm āda ir plānāka nekā mazzīgām. Ādas biezumu ietekmē arī dzīvnieka ēdināšanas un turēšanas apstākļi.

Govs ādas masa sastāda vidēji 7% no dzīvmasas. Pēc I. Troicka datiem, rupjvilnas aitu ādas masa (bez vilnas) sastāda 5 ... 7%, bet smalkvilnas aitu — 7,3% no dzīvmasas.

ĀDAS TEMPERATŪRA UN pH

Ādas un zemādas saistaudu temperatūra vienmēr ir zemāka par ķermeņa temperatūru. Tā, piemēram, aitas ķermeņa temperatūra ir 38,0 ... 41 °C, bet ādas temperatūra — 30,5 ... 33,5 °C; ķermeņa temperatūra trusim ir 38,5 ... 39,7 °C, bet ādas temperatūra — 33,5 ... 35,0 °C; teļam ķermeņa temperatūra ir 38,3 ... 39,7 °C, bet ādas temperatūra vidēji 35 °C. Govīm ādas vidējā temperatūra ir 32 ... 35 °C, zirgam — 34,2 °C.

Ādas temperatūra ir nevienāda dažādos ādas apvidos: viszemākā tā ir uz ekstremitātēm un visaugstākā uz vēdera. Ādas temperatūra ir atkarīga arī no apkārtējās vides temperatūras, matu segas biežuma, zemādas taukaudu daudzuma, vazomotoro centru funkcionālā stāvokļa un citiem faktoriem.

Ādas temperatūru mēra ar īpašu ādas termometru.

Ādas temperatūru regulē nervu un asinsrites sistēma. Pastiprinoties asinscirkulācijai ādā, paaugstinās ādas temperatūra, un savukārt, ja ādas apgāde ar asinīm pavājinās, ādas temperatūra pazeminās.

Zemādas saistaudu temperatūra ļoti maz atšķiras no epidermas temperatūras; zirgam zemādas saistaudu temperatūra ir 33 ... 35,1 °C.

Ādas reakcija. Ādas virsmas reakcija ir skāba, pH 3,0 ... 6,5. Skābo reakciju nosaka sviedru vāji skābā reakcija, kā arī vāji skābā ādas tauku dziedzeru sekrēta reakcija.

Ādas virsmas skābajai reakcijai ir svarīga nozīme kā aizsargfaktoram, kas traucē patogēno mikroorganismu vairošanos un at-

tīstību uz ādas virsmas. Uzskata, ka patogēno mikroorganismu vairumam optimālā apkārtējās vides reakcija ir sārmaina (pH 7,3 ... 7,8). Ādas apvidos, kur sakrājas un sadalās sviedri un ādas tauki (piemēram, starp ādas krokām), ādas virsmas reakcija kļūst mazāk skāba un dažkārt pat sārmaina. Šajos gadījumos rodas labvēlīgi apstākļi mikroorganismu attīstībai uz ādas virsmas un var rasties ādas slimības.

Ādas aktīvā reakcija nav vienāda visos ādas slāņos. Ādas reakcija pakāpeniski mainās no skābas līdz sārmainai, kāda ir jau dziļākos ādas slāņos un kas raksturīga lielākai organisma audu daļai. Ādas dziļāko slāņu sārmaino reakciju uztur ādas bufersistēmas. Galvenā ādas bufersistēma ir olbaltumvielas, kuras kā amfolīti neitralizē kā skābes, tā arī sārmus. Otra svarīgākā ādas bufersistēma ir hidroģēnkarbonātu sistēma, kas sastāv no nātrija hidroģēnkarbonāta un brīvām skābēm.

ĀDAS SEKRETORĀ FUNKCIJA

SVIEDRU ATDALĪŠANĀS

Ādas sekretorā funkcija ir saistīta ar sviedru un ādas tauku sekrēciju. Sviedru atdalīšanai ir svarīga nozīme ūdens un minerālsoļu maiņas un līdz ar to arī osmotisko procesu regulācijā, termoregulācijā un dzādu noārdīšanās produktu izvadišanā no organisma. Ādas tauki aizsargā epidermas raga kārtu no izžūšanas un saplaisāšanas, kā arī no pārmērīgas izmirkšanas, piemēram, lietus laikā. Ādas tauku dziedzeru sekrēts mikstina ādu, uzturot to elastīgu un gludu. Bez tam ādas tauki ietauko matus un padara tos mīkstus un spīdīgus. Uzskata, ka ādas tauki sekmē arī matu augšanu.

Sviedri veidojas sviedru dziedzeru secernējošā epitēlija šūnās. Dažos sviedru dziedzeros sviedru sekrēcija notiek apokrīnā veidā, t. i., atdaloties secernējošo šūnu augšdaļai. Savukārt citos sviedru dziedzeros tā norisinās merokrīnā veidā, t. i., bez šūnu citoplazmas bojāšanas. Apokrīnās sekrēcijas periods parasti mainās ar merokrīno periodu.

No mājdzīvniekiem visvairāk sviedru dziedzeru ir govīm — vairāk nekā 2500 uz 1 cm² ādas virsmas. Zirgam ir apmēram 1500 un aītai — apmēram 500 uz 1 cm² ādas virsmas. Gaļēdājāiem sviedru dziedzeri atrodas tikai uz pirkstu spilventiņiem. Neskatoties uz to, ka govīm ir ļoti daudz sviedru dziedzeru, sviedru sekrēcija tām ir ļoti vāja, jo govju sviedru dziedzeriem ir niecīga secernējošā virsma un ap tiem ir vāji attīstīts kapilāru tīkls. Intensīvi funkcionējoši sviedru dziedzeri ir tikai zirgam un aītai. Zirgiem un aītām sviedru sekrēcija notiek pa visu ādas virsmu; govīm un cūkām svīst galvenokārt purns; suņiem un kaķiem svīst tikai pirkstu spilventiņi.

Izfiltrēti sviedri ir bezkrāsains, caurspīdīgs šķidrums ar īpatnēju smaržu un sāļu garšu. (Sviedri, kurus savāc tieši no ādas virsmas, satur ādas šūnas un ādas tauku piemaisījumu.) Zirga sviedros ir 94% ūdens, 0,7% olbaltumvielu, 0,14% urīnvielas un 5% pelnu. Zirga sviedriem ir vāji skāba reakcija, to blīvums ir 1,020. Arī citu mājdzīvnieku sviedru sastāvs ir līdzīgs zirga sviedru sastāvam.

Sviedru pelnu sastāvā ietilpst nātrija hlorīds, kālija hlorīds, kalcija sāļi, kā arī fosforskābie un sērskābie savienojumi. Sviedru organisko savienojumu sastāvā bez olbaltumvielām (globulīniem un albumīniem) ietilpst vēl arī urīnviela, amonjaks, urīnskābe un citi olbaltumvielu sadalīšanās galaprodukti, kā arī gaistošās taukskābes, pigmenti un vitamīni (tiamīns, riboflavīns, niacīns, pantotēnskābe). Gaistošās taukskābes sviedriem piedod īpatnēju smaržu, sakarā ar albumīnu saturu zirga sviedri puto. Ja ir slimas nieres, tad ievērojami pastiprinās urīnvielas izdalīšana ar sviedriem. Cukurslimības gadījumā ar sviedriem izdalās glikoze.

Sviedru dziedzeru sekretorie nervi ir simpātiskie nervi. Sviedru atdalīšanos regulē nervu centri, kas atrodas muguras smadzenēs. Bez muguras smadzeņu centriem ir vēl galvenais sviedru atdalīšanās centrs iegarenajās smadzenēs.

Sviedru atdalīšanos parasti izraisa reflektoriskie kairinātāji. Sviedru atdalīšanās reflektoriskais ceļš sākas no ādas termoreceptoriem (siltuma receptoriem) un pa dorsālajām muguras smadzeņu saknītēm nonāk attiecīgos muguras smadzeņu sviedru atdalīšanās centros, no turienes pa ventrālajām muguras smadzeņu saknītēm aiziet līdz sviedru dziedzeriem. Katra ādas apvidus sviedru dziedzeri saņem nervus no noteiktiem muguras smadzeņu segmentiem. Sasildot kādu atsevišķu ādas apvidu, pastiprināta sviedru sekrēcija iestājas visā ķermenī. Tas norāda, ka atsevišķu muguras smadzeņu sviedru atdalīšanās centru uzbudinājums nonāk arī iegarenos smadzeņu sviedru atdalīšanās centrā, kurš savukārt ir cieši saistīts ar starpsmadzenēs esošo termoregulācijas centru.

Sviedru atdalīšanās regulācijā piedalās arī galvas smadzeņu garoza. To pierāda sviedru sekrēcijas pastiprināšanās cilvēkiem dažos emocionālajos stāvokļos.

ĀDAS TAUKU SEKRĒCIJA

Ādas tauku dziedzeri pieskaitāmi pie *holokrīnajiem* dziedzeriem, kuru darbība saistīta ar šūnu pilnīgu sabrukšanu. Šo dziedzeru epitēlija šūnas tiek pakļautas taukainajai deģenerācijai un iet bojā, pārvēršoties taukos. Bojā gājušo šūnu vietā izaug jaunas šūnas.

Ādas tauku dziedzeru izvadkanāli atveras matu maisiņos. Neapmatotajos ādas apvidos tauku dziedzeru izvadkanāli atveras tieši uz ādas virsmas.

Ādas tauku dziedzeru sekrets sastāv no nepiesātinātiem glicerīdiem un holesterīna esteriem. Bez tam ādas tauku sastāvā ietilpst brīvās taukskābes, holesterīns, vaskiem līdzīga viela — lanocerīns un gaistošo taukskābju sāļi. Ādas tauki ir izturīgi pret mikroorganismu iedarbību un spēj saistīt ļoti daudz ūdens (pat līdz 100%), tādējādi novēršot ūdens nelabvēlīgo ietekmi uz ādu, piemēram, pasargājot ādas virskārtu no uzbriešanas. Izdalīšanās momentā ādas tauki ir šķidri, bet drīz pēc tam sabiezē.

Ādas tauku sekrecija pieaug, pastiprinoties asinsritei un vielu maiņas intensitātei ādā, ādas kairinājuma ietekmē, kā arī uzņemot ar barību vairāk tauku. To veicina arī vīrišķie dzimumhormoni; kastrētiem dzīvniekiem pavājinās ādas tauku sekrecija.

Ādas tauku dziedzeru pastiprinātas sekrecijas rezultātā uz ādas virspusi var izdalīties ļoti daudz tauku. Rezultātā var izveidoties patoloģisks stāvoklis, ko sauc par seboreju (*seborrhoea*). Seboreja bieži vien novērojama anēmiju, dažu infekciju, gremošanas orgānu, kā arī ādas slimību (ekzēmas, kašķa) gadījumos.

Putniem pie astes saknes (virs astes skriemeļiem) atrodas īpaši tauku dziedzeri ar platiem izvadkanāliem. Putni ar knābi satver šo tauku dziedzeru sekretu un ieziež spalvas. Sevišķi nozīmīgi šie dziedzeri ir ūdensputniem.

Aitām ļoti svarīga nozīme ir ādas tauku un sviedru maisījumam, ko sauc par tauksviedriem. Tauksviedri plānā kārtiņā pārklāj apmatojumu un padara to mikstu, lokanu un izturīgu, kā arī pasargā to no savēlšanās. Bez tam tauksviedri pasargā vilnu no mitruma un putekļiem. Smalkvilnas aitām tauksviedru daudzums vilnā parasti ir 7...30% no vilnas masas. Pārmerīgs vai arī pārāk mazs tauksviedru saturs vilnā nelabvēlīgi ietekmē vilnas kvalitāti. Tauksviedru krāsa var būt dažāda, tā variē no gaiši dzeltenas līdz zaļai.

Tauksviedru daudzums un īpašības atkarīgas no dzīvnieku šķirnes, individuālajām īpašībām, dzimuma, vecuma, organisma veselības stāvokļa, kā arī no klimatiskajiem un ēdināšanas apstākļiem.

Attīrītus tauksviedrus sauc par lanolīnu. Pēc ķīmiskā sastāva lanolīns ir dažādu esteru maisījums. Galvenā lanolīna sastāvdaļa ir holesterīns un izoholesterīns. Lanolīns pilnīgi izšķīst ēterī, hloroformā, kā arī acetonā un labi sajaucas ar ūdeni. To plaši lieto dažādu kosmētisko izstrādājumu pagatavošanai.

ĀDAS AIZSARGFUNKCIJA

Āda lielā mērā aizsargā organismu no mehāniskiem bojājumiem. Bez tam normāla un nebojāta ādas epiderma ir nepārvarams šķērslis patogēno mikroorganismu un dažādu ķīmisko vielu iekļūšanai organismā.

Daži ķīmiskie savienojumi tomēr iekļūst organismā vai nu tieši caur ādas epidermu, vai caur sviedru un tauku dziedzeriem, vai arī caur matu folikuliem.

Par ādas caurlaidību var spriest, 1) izmeklējot ādas histoloģiskos griezumus, 2) pēc organisma reakcijas, ko izraisa organismā nokļuvusi ķīmiskā viela, un 3) konstatējot attiecīgā ķīmiskā savienojuma parādīšanos asinīs un urīnā.

Sāļi un alkaloīdi caur ādu organismā var nokļūt tikai minimālā daudzumā. Uzskata, ka kālija jodīds, kā arī dzīvsudraba un svina sāļi organismā var iekļūt caur sviedru un tauku dziedzeru izvadkanāliem un caur matu folikuliem. Daudz vieglāk caur ādu organismā nokļūst vielas, kas šķīdina lipoīdus, — spirts, ēteris, hlороforms, acetons, metilsalicilāts u. c. Šīs vielas organismā nokļūst tieši caur ādas epidermu un caur sviedru un tauku dziedzeru izvadkanāliem, kā arī caur matu folikuliem.

Ādas caurlaidību palielina ultravioletie stari un kālija joni, bet rentgenstari un kalcija joni to samazina. Tajos ādas apvidos, kur nav apmatojuma, ādas caurlaidība ir lielāka nekā apmatotās vietās. Ādas caurlaidība palielinās arī dažādu epidermas bojājumu un ievainojumu gadījumā.

Praktiskā veterinārija ar labiem panākumiem izmanto ādas caurlaidības faktoru dažādu ādas slimību ārstēšanā.

SAULES STARU IEDARBĪBA UZ ĀDU

Saules gaismas stari, it īpaši ultravioletie stari, iedarbojoties uz organismu, izraisa kā visa organisma reakciju, tā arī pārmaiņas apstarotajā ādas apvidū.

Pēc ilgstošas saules staru iedarbības ādā parādās neliela hiperēmija, kuru rada siltuma jeb infrasarkanie stari. 6 . . . 12 stundas pēc apstarošanas (dažreiz ātrāk) sāk izpausties ultravioleto staru specifiskā ietekme. Apstarotajā ādas apvidū paplašinās asinsvadi un rodas sārtums (*erythema solare*), kam bieži vien seko eksudatīvais iekaisums un epidermas lobišanās.

Ultravioleto staru ietekmē palielinās ādas kapilāru endotēlija caurlaidība, un rezultātā rodas ādas pietūkums, leikocītu emigrācija un dažreiz arī punktveidīgi asinsizplūdumi.

Ultravioletie stari aktivizē oksidējošo fermentu darbību ādā, tādēļ ādas šūnās ietilpstošais tirozīns vai arī fenilalanīns pastiprināti pārvēršas tumšas krāsas pigmentā — m e l a n ī n ā, kas kavē ultravioleto staru iekļūšanu organismā caur ādu, tādējādi pasargājot orgānus un audus no šo staru pārmērīgas iedarbības, kas organismam ir nelabvēlīga.

Noteiktās devās ultravioletie stari labvēlīgi ietekmē organisma vielu maiņu, veicina organisma augšanu un audu reģenerācijas procesus, nonāvē daudzus patogēnos mikroorganismus, pārvērš ergosterīnu par D vitamīnu.

Ja ultravioleto staru iedarbība uz organismu ir ilgstoša un ļoti intensīva, pazeminās asinsspiediens, asinīs samazinās glikozes koncentrācija, pastiprinās audu sabrukuma procesi un rodas vielu maiņas (it īpaši olbaltumvielu maiņas) traucējumi.

Dzīvniekiem mati sāk attīstīties jau embrionālajā periodā, un jaunu matu veidošanās turpinās vēl kādu laiku arī pēc dzīvnieka piedzimšanas. Dažiem dzīvniekiem jauni mati veidojas visā dzīves laikā.

Matu augšanas ātrumu un to īpašības ietekmē dzīvnieka vecums, dzimums, šķirne, endokrīnās sistēmas funkcionālais stāvoklis, grūsnība, ēdināšanas un turēšanas apstākļi, klimatiskie un daži citi faktori.

Jauniem dzīvniekiem, it īpaši līdz dzimumgatavībai, mati aug ātrāk nekā veciem. Intensīvāk tie aug arī vīrišķiem indivīdiem nekā sievišķiem. Matu augšana palēninās grūsnības periodā, it īpaši grūsnības beidzamajā posmā, jo šajā laikā daudz plastiskā materiāla vajag embrija augšanai un tā matu segas formēšanai. Matu augšanu labvēlīgi ietekmē pietiekams olbaltumvielu saturs barībā, galvenokārt pietiekams sēru saturošo aminoskābju (cistīna, cisteīna, metionīna) saturs. Bagātīgos ēdināšanas apstākļos aitām vilna izaug ievērojami garāka nekā trūcīgi ēdinātiem dzīvniekiem. Matu augšanu stimulē arī ādas receptoru kairinājumi. Apgabalos, kur ir auksts klimats, dzīvniekiem matu sega ir biezāka nekā siltā klimata apstākļos dzīvojošiem dzīvniekiem. Ir arī novērots, ka aitām mitrā klimata apstākļos vilna izaug garāka. Attiecībā par iekšējās sekrēcijas dziedzeru ietekmi uz matu augšanu jāatzīmē, ka matu augšanu veicina vairogdziedzera un hipofīzes hormoni. Pēc vairogdziedzera (arī pēc hipofīzes) ekstirpācijas matu augšana krasi palēninās. Palēnināta matu augšana novērojama arī vairogdziedzera un hipofīzes hipofunkciju gadījumā. Jāatzīmē arī tas, ka pēc kastrācijas matu augšana dažreiz pat paātrinās (S. Pavlenko un I. Starkovs).

Atsevišķu matu augšana ar laiku pārtraucas, un tie izkrīt. To vietā izaug jauni mati, t. i., notiek matu maiņa.

Matu maiņa var būt pastāvīga (nepārtraukta) vai arī periodiska (sezonāla). Pastāvīgā matu maiņā mati izkrīt nepārtraukti visu gadu un nepārtraukti matu sega atjaunojas. Tā, piemēram, nepārtraukti izkrīt zirga astes mati. Nepārtraukti izkrīt arī vilna smalkvilnas aitām. Periodiskās matu maiņas gadījumā samērā īsā laikā izkrīt gandrīz visi mati un tikpat īsā laikā izaug jauni mati. Lielākai kažokzvēru dzīvnieku daļai, kā arī zirgiem un rupjvilnas aitām matu maiņa notiek 2 reizes gadā (pavasārī un rudenī). Dzīvniekiem, kuriem ir ziemas guļa, kā arī govīm matu maiņa novērojama vienu reizi gadā (pavasārī).

Visiem jauniem dzīvniekiem pirms dzimumgatavības perioda iestāšanās novērojama t. s. *j u v e n i l ā m a t u m a i ņ a*, kad izkrīt embrionālās attīstības mati un to vietā izaug citi mati. Šī matu maiņa nav saistīta ar gadalaikiem, un tās iestāšanās ir atkarīga no dzīvnieka vecuma. Tā, piemēram, teļiem un kumeļiem juvenilā matu maiņa notiek 5...7 mēnešu vecumā.

ĀDAS, MATU UN SPALVU PIGMENTĀCIJA

Dzīvnieku ādā un matos lielākā vai mazākā daudzumā atrodas pigmenti. Pigmentus nesatur tikai albīno (*albus* — balts) dzīvnieku āda un mati.

Ādas pigmentāciju nosaka 1) pigmenti, kas rodas no hemoglobīna un satur h e m o s i d e r i n u, un 2) tumšās krāsas pigments m e l a n ī n s (*melanos* — melns), kas veidojas, savienojoties olbaltumvielām ar tirozīna oksidācijas produktiem. Melanīna veidošanās notiek ar fermentu tirozināzes un dopaoksidāzes starpniecību. Tas, ka albīno dzīvnieku āda nesatur melanīnu, izskaidrojams ar tirozināzes un dopaoksidāzes trūkumu šo dzīvnieku ādā.

Ādas pigmenti atsevišķu graudiņu (granulu) veidā atrodas speciālās pigmenta šūnās — m e l a n o f o r o s, kas atrodas starp epidermas Malpīģija slāni un dermu.

Melanīna veidošanos ādā ievērojami pastiprina ultravioletie stari, kas aktivizē ādas oksidējošo fermentu darbību. Kā jau minēts, šim apstāklim ir zināma aizsargnozīme, jo ādas pigmenti, adsorbējot ultravioletos starus, pasargā organismu no šo staru kaitīgās iedarbības. Savukārt nepigmentētā āda stiprāk atstaro saules starus, tādēļ tiešo saules staru ietekmē tā sakarst mazāk nekā pigmentētā āda.

Zīdītāju dzīvnieku mati bez melnā pigmenta satur arī citus pigmentus, galvenokārt iesarkanās krāsas pigmentus. Matu krāsa tad arī ir atkarīga no šo pigmentu satura un no to sadalījuma matos.

Ādas, matu un spalvu pigmentācijai ir ļoti ciešs sakars ar iekšējo sekrēciju un nervu sistēmas darbību.

Pēc virsnieru garozas ekstirpācijas dzīvniekiem āda kļūst stipri pigmentēta. Intensīva ādas pigmentācija novērojama arī cilvēkiem virsnieru hipofunkcijas gadījumā («bronzas slimība»). Hipofīze izdala m e l a n o f o r o h o r m o n u, kas paplašina zivju, abinieku un rāpuļu ādas melanoforus. Savukārt adrenalīns melanoforus sašaurina. Pigmentāciju ietekmē arī dzimumhormoni. Tā, piemēram, vistām pēc kastrācijas mainās spalvu pigmentācija.

XI. Vairošanās fizioloģija

Vairošanās ir viena no svarīgākajām dzīvnieku organisma fizioloģiskajām funkcijām, kas nodrošina sugas saglabāšanu un dzīvnieku skaita pieaugumu.

Izšķir bezdzimuma un dzimuma vairošanos. Bez dzimuma vairošanās procesā, kas raksturīgs galvenokārt vienišķas organismiem, jauni indivīdi rodas, organismam (šūnai) daloties. Dzimumvairošanās procesā jauni organismi attīstās no vīrišķām un sievišķām dzimumšūnām — gametām, tām saplūstot un savstarpēji asimilējoties.

Augstākajiem mugurkaulniekiem (zīdītājiem, putniem un rāpuļiem) dzimumvairošanās procesā sievišķā gameta — olšūna saplūst ar vīrišķo gametu — spermatozoīdu mātītes dzimumorgānos, kur spermatozoīdi nokļūst dzimumakta laikā. Saplūstot olšūnai ar spermatozoīdu, izveidojas zigota, no kuras sāk attīstīties embrijs.

DZIMUMGATAVĪBA

Dzimumgatavībai raksturīga dzimumorgānu pilnīga attīstība un pilnvērtīga to funkcionēšana: dzimumorgānos nogatavojas un parādās dzimumšūnas. Iestājoties dzimumgatavībai, organismā sāk veidoties dzimumhormoni un dzīvniekiem sāk izpausties dzimumrefleksi. Bez tam dzīvniekiem izveidojas sekundārās dzimum pazīmes, t. i., dzimumam raksturīgas ķermeņa formas.

Dzimumgatavības iestāšanās laiks ir atkarīgs no dzīvnieku sugas, šķirnes, dzimuma, kā arī no ēdināšanas un turēšanas apstākļiem. Vīrišķiem indivīdiem dzimumgatavība iestājas vēlāk nekā sievišķiem indivīdiem. Organisma attīstību un līdz ar to dzimumgatavības iestāšanos stipri aizkavē nepietiekama un nepilnvērtīga ēdināšana, kā arī dzīvnieku turēšana nepiemērotās telpās, pastaigu trūkums un slimības, piemēram, kuņģa un zarnu slimības, vielmaiņas traucējumi u. c. (I. Afanasjevs).

Dzimungatavības iestāšanās laiks dažādu sugu dzīvniekiem

Govīm	6—12 mēn.	Cūkām	5—8 mēn.
Zirgiem	12—18 „	Suņiem	6—8 „
Aitām, kazām	7—8 „	Trušiēm	4—5 „

Jāatzīmē, ka dzimungatavība iestājas tad, kad dzīvnieks nav vēl pietiekami izaudzis un nobriedis. Izmantojot dzīvniekus vaislai tūlīt pēc fizioloģiskās dzimungatavības iestāšanās, tiek aizkavēta dzīvnieka organisma attīstība un var rasties tā funkciju traucējumi. Sevišķi stipri cieš sievišķie dzīvnieki no pārāgras grūsnības un dzemdībām.

Tādēļ bez fizioloģiskās dzimungatavības izšķir vēl t. s. saimniecisko vaislas gatavību, kad dzīvnieka organisms ir pietiekami izaudzis un ir gandrīz noslēgusies tā attīstība. Tā zirgi saimniecisko vaislas gatavību sasniedz 3 gadu, govīs — 18 ... 24 mēnešu, aitas un kazas — 9 ... 12 mēnešu un cūkas — 9 ... 12 mēnešu vecumā.

VĪRIŠĶO DZIMUMORGĀNU FIZIOLOĢIJA

Vīrišķie dzimumorgāni sastāv no sēkliniekiem, sēklinieku piedēkļiem un sēklvadīem, uroģenitālā kanāla, papildu jeb akcesoriskiem dzimumdziedzeriem, dzimumlocekļa un sēklinieku maiņņa. Vīrišķos dzimumorgānos veidojas spermatozoīdi, papildu dzimumdziedzeru sekreti un vīrišķais dzimumhormons — testostērons.

SPERMATOĢENĒZE

Par spermatoģenēzi sauc spermatozoīdu veidošanās procesu. Spermatozoīdi attīstās likumainajos sēklas kanālos (*tubuli seminiferi contorti*) no ipašām epitēlijšūnām — spermatoģonijiem. Spermatozoīdu galīgā nogatavošanās notiek sēklinieka piedēklī (*epididymis*), kur tie nokļūst, izejot cauri taisnajiem sēklas kanāliem (*tubuli seminiferi recti*), sēklinieka tīklam (*rete testis*) un sēklas izvadkanāliņiem (*ductuli efferentes*; 39. att.).

Sēklinieka piedēklis sastāv no gara, tieva un stipri likumota vada, kura garums ērzelim sasniedz 85 m, bullim un teķim — 90 m un kuilim — 60 m.



39. att. Sēklinieka uzbūves shēma:

1 — likumainie sēklas kanāli, 2 — taisnie sēklas kanāli, 3 — sēklinieka tīkls, 4 — saistaudu starpsiena, 5 — sēklinieka piedēkļa galva, 6 — sēklinieka piedēkļa ķermenis, 7 — sēklinieka piedēkļa aste, 8 — sēklvadis.

Erzelim caur sēklinieka piedēkli spermatozoīdi iziet 6... 8 dienās un teķim — 6... 11 dienās. Sēklinieka piedēklī, it īpaši tā astes daļā, parasti sakrājas ļoti daudz spermatozoīdu (bullim līdz 150 miljardiem, kuilim un aunam līdz 200 miljardiem). Olšūnas apaugļošanas spēju spermatozoīdi sēklinieka piedēklī saglabā 2... 3 mēnešus.

Spermatozoīdi, kas iegūti tieši no sēkliniekiem, iet bojā dažu minūšu laikā. Turpretī paņemti no sēklinieka piedēkļa astes daļas, tie var dzīvot vairākas stundas un dienas, jo sēklinieka piedēkļa vada epitēlijs izdala lipoproteīdo sekrētu, kas kā aizsargapvalks apņem spermatozoīdu un pasargā to no ārējās vides nelabvēlīgo faktoru iedarbības. Tādēļ spermatozoīdi mātītes dzimumceļos var ilgi izturēt nelabvēlīgo skābo reakciju un tiem kaitīgo sāļu iedarbību. Bez tam sēklinieka piedēklī spermatozoīdi iegūst negatīvo elektrības lādiņu, tādēļ tie neaglutinē (nesalīp), atrodoties pat biežā ejakulāta masā.

No sēklinieka piedēkļa spermatozoīdi tiek izvadīti pa sēklvadu (*ductus deferens*). (Dzimumakta laikā tie izdalās no sēklinieka astes daļas.) Sēklvadu beigu daļas urīnpūšļa tuvumā ir vārpstveidīgi paplašinātas. Sos sēklvadu paplašinājumus sauc par sēklvadu ampulām (*ampullae ductus deferentium*). Ampulu sienās atrodas dziedzeri, kas labi attīstīti ērzelim, bullim un teķim. Sēklvadi atveras urīnkanālā, izejot caur tā dorsālo sienu.

Sēkliniekos un sēklinieka piedēklī temperatūra ir par 3... 5 °C zemāka nekā pārējos ķermeņa orgānos. Šāda pazemināta temperatūra labvēlīgi ietekmē spermatozoīdu veidošanos un saglabāšanos. Ja sēklinieki stipri sasilst, piemēram, tiešo saules staru ietekmē, tajos ievērojami pieaug patoloģisko spermatozoīdu skaits. Abpusēja kriptorhisma gadījumā, kad sēklinieki embrionālā perioda beigās neieslīd sēklinieku maisiņā, bet paliek cirkšņu kanālos vai vēdera dobumā, spermatoģenēze ir stipri traucēta (paaugstinātas temperatūras dēļ) un tēviņš bieži vien paliek neauglīgs. Sēklvadu ampulās, kas atrodas vēdera dobumā un kur temperatūra ir augstāka nekā sēklinieku piedēklī, spermatozoīdi savu dzīvotspēju saglabā tikai 1 vai 2 dienas.

Mājdzīvniekiem pēc dzimumgatavības iestāšanās spermatoģenēze notiek nepārtraukti cauru gadu, turpretī savvaļas dzīvniekiem — tikai vairošanās periodā.

Spermatoģenēzi regulē hipofīzes gonadotropie hormoni. Pēc hipofīzes ekstirpācijas spermatoģenēzes procesi krasi pavājinās.

Nogatavojies spermatozoīds sastāv no galviņas, kakliņa, ķermeņa un astes (40. att.). Mājdzīvnieku spermatozoīdu garums ir 30... 80 μm, pie tam galviņa aizņem apmēram $\frac{1}{10}$, bet kakliņš, ķermenis un aste — $\frac{9}{10}$ no kopējā garuma. Spermatozoīda galviņā atrodas šūnas kodols, kuru aptver samērā plāns citoplazmas slānis. Spermatozoīdi satur vidēji 24,6% sausnes, kuras sastāvā ietilpst galvenokārt olbaltumvielas, kā arī lipoīdi (lecitīns) un neorganiskie sāļi. (Spermatozoīda galviņa sastāv galvenokārt



Zirga Bulla Teķa Kuiļa Suņa

40. att. Spermatozoīdi:

A — uzbūves shēma, 1 — galvina, 2 — kakliņš, 3 — ķermenis, 4 — aste, B — dažādu dzīvnieku spermatozoīdi.

no nukleoproteīdiem.) No aminoskābēm spermatozoīdu olbaltumvielās vislielākā daudzumā atrodas arginīns. Spermatozoīdos atrodas arī daudz fermentu — citohromoksidāze, katalāze, hialuronidāze, skābā fosfatāze, karboksilāze u. c.

Spermatozoīdu raksturīga īpašība ir to spēja kustēties. Kustības izraisa kontraktilie elementi, kas atrodas spermatozoīda astē. Ērzeļa spermatozoīda pārvietošanās ātrums mēģinājumos ir vidēji 5 mm/min, bulļa un teķa — 4 mm/min un suņa spermatozoīdu — 2 mm/minūtē.

Dzīvības procesu norisēm, to skaitā arī kustībām nepieciešamā enerģija ērzeļa, kuiļa un suņa spermatozoīdos rodas no elpošanas rezultātā, pie tam galvenokārt oksidējas fruktoze un daļēji arī lipoīdi. Ērzeļa spermā šim nolūkam tiek patērētas arī olbaltumvielas. Savukārt bulļa un teķa spermatozoīdos enerģija rodas galvenokārt glikolīzes rezultātā.

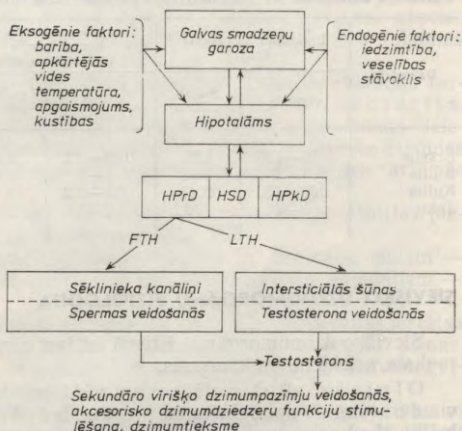
Spermatozoīdi ir ļoti jutīgi pret apkārtējās vides (ūdeņraža jonu koncentrācijas, temperatūras, osmotiskā spiediena) pārmaiņām. To aktivitāte samazinās, pazeminoties apkārtējās vides temperatūrai, un pieaug (tikai līdz zināmai robežai), temperatūrai paaugstinoties. Spermatozoīdu aktivitātes samazināšanos izraisa arī ūdeņraža jonu koncentrācijas pieaugums. 0° C temperatūrā spermatozoīdi kļūst nekustīgi un nonāk anabiozes stāvoklī, turpretī temperatūrā virs 40° C, kā arī tiešā saules gaismā tie iet bojā.

AKCESORISKO JEB PAPILDU DZIMUMDZIEDZERU FUNKCIJAS

Pie akcesoriskajiem jeb papildu dzimumdziedzeriem pieder pūslīšveida dziedzeri (*glandulae vesiculares*), priekšdziedzeris (*prostata*) un sīpolveida dziedzeri (*glandulae bulbourethrales*).

Papildu dzimumdziedzeri izdala sekrētu (spermas plazmu), kas

Vīrišķo dzīvnieku dzimumfunkciju regulācijas shēma



veicina spermatozoīdu pārvietošanos dzimumorgānos. Bez tam šis sekrets satur spermatozoidiem nepieciešamās barības vielas. (Nelielu spermas plazmas daļu ražo arī sēklinieka piedēklis.)

Papildu dzimumdziedzeru sekrets satur fruktozi, fosfātus, citrionskābi, holīnu, inozītu, reducējošas vielas (askorbīnskābi un ergotioneīnu), proteolītiskos fermentus, fosfatāzi un citas vielas.

Papildu dzimumdziedzeru sekrets atdalās nepārtraukti. Ejakulācijas momentā šo dziedzeru sekrēcija strauji pastiprinās.

Papildu dzimumdziedzeri dažādiem mājdzīvniekiem atšķiras pēc lieluma un pēc ražotā sekreta daudzuma un sastāva. Vislielākie pūslīšveida dziedzeri ir kuļiem. Pārējiem vaisliniekiem tie ir mazāk attīstīti, bet suņiem ir reducēti. Buļiem un teķiem ir slikti attīstīti priekšdziedzeris.

EJAKULĀTS

Par ejakulātu sauc spermas daudzumu, kas izdalās vienā ejakulācijā. Ejakulāta daudzums, kā arī tā sastāvs dažādu sugu dzīvniekiem ir stipri nevienāds.

Spermatozoīdu dzīves ilgums ejakulātā variē no vairākām stundām līdz dažām dienām.

Ejakulāta daudzums un spermatozoīdu koncentrācija tajā

Dzīvnieks	Ejakulāta daudzums (ml)		Spermatozoīdu koncentrācija (miljardos l ml)		Spermatozoīdu daudzums (miljardos)	
	vidējais	maksi- mālais	vidējā	maksi- mālā	vidējais	maksi- mālais
Ērzelis	50—100	600	0,08—0,2	0,8	4—20	60
Bullis	4—5	15	1—2	6	4—10	30
Kuilis	200—400	1000	0,1—0,2	1	20—80	100
Teķis	1—2	3,5	2—5	8	2—10	18

SIEVIŠĶO DZIMUMORGĀNU FIZIOLOĢIJA

Sievišķo dzimumorgānu sistēmā ietilpst olnīcas, olvadi, dzemde, maksts, priekšīņa un kaunums.

Olnīcās attīstās olšūnas un veidojas dzimumhormoni, olnīcās notiek apaugļošanās process, bet dzemdē attīstās embrijs. Maksts, priekšīņa un kaunums kalpo dzimumaktam un veido mikstos dzemdību ceļus.

DZIMUMCIKLS

Pēc dzimumgatavības sasniegšanas sievišķiem dzīvniekiem noteiktos periodos rodas dzimumtieksme — meklēšanās. Meklēšanās laikā dzimumorgānos parādās raksturīgas anatomiskās un fizioloģiskās pārmaiņas, kas savukārt stipri ietekmē visu mātiņas izturēšanos.

Pārmaiņu kompleksu, kas norisinās kā mātiņas dzimumorgānos, tā arī visā tās organismā no vienas meklēšanās līdz otrai, sauc par seksuālo ciklu jeb dzimumciklu.

Dzimumcīklā izšķir dzimuma aktivitātes jeb dzimumuzbudinājuma periodu, kam seko kavējuma jeb involūcijas un vēlāk fizioloģiskā līdzsvara fāze.

Dzimumuzbudinājuma periodam raksturīgas aktīvas fizioloģiskās norises dzimumorgānos un visā organismā. Dzemdē un makstī iestājas stipra hiperēmija, kas izraisa proliferāciju un pastiprinātu sekrēciju. Dzemdes dobums un maksts piepildās ar caurspīdīgām, stāipīgām gļotām, kas izdalās arī uz āru. Izdalītām gļotām dažreiz ir piejauktas asinis, kas izplūst no pārplīsušiem kapilāriem. Dzemdes sienas kļūst biežākas, tās gļotādā rodas daudz kroku, un pastiprinās dzemdes muskulatūras kontrakcijas. Pārmaiņas dzemdē sākas jau priekšmeklēšanās (*prooestrus*) laikā, jo sevišķi krasi tās izteiktas meklēšanās (*oes-*

trus), kā arī pēc meklēšanas (metoestrum) laikā. Minētās dzemdes pārmaiņas, ko sauc par dzemdes evolūciju, nodrošina spermatozoīdu virzīšanos uz olvadiem un zigotas uzņemšanu. Meklēšanās laikā parasti notiek arī ovulācija (olšūnas atdalīšanās no olnīcas).

Pēc apaugļošanās, iestājoties grūsnībai, dzemdes evolūcija turpinās. Ja grūsnība neiestājas, notiek dzemdes involūcija. Izzūd dzemdes un maksts gļotādas hiperēmija, samazinās dziedzera sekrēcija, aizveras dzemdes kakla kanāls, pavājinās dzemdes muskulatūras kontrakcijas. Dzemdes involūcija notiek arī pēc dzemdībām.

Meklēšanās laikā mainās arī mātiņas izturēšanās. Mātiņas pieļauj sev klāt tēviņus un ļaujas aplekties.

Meklēšanās ilgums atgremotājiem ir 1 ... 2 dienas, cūkām — 2 ... 3 dienas, ķēvēm — 5 ... 6 (2 ... 11) dienas, gaļēdājiem — 9 ... 14 dienas.

Dažādu sugu dzīvniekiem nākamā (kārtējā) meklēšanās iestājas pēc šādiem periodiem: govīm, aitām un kazām — pēc 21 dienas, ķēvēm — pēc 20 ... 30 dienām, cūkām — pēc 21 ... 30 dienām, gaļēdājiem — pēc 6 mēnešiem.

Iestājoties grūsnībai, dzimumcikls pagarinās par grūsnības un pēcdzemdību periodu un meklēšanās atjaunojas pēc dzemdībām: govīm — pēc 21 ... 60 dienām, aitām un kazām — pēc 15 ... 30 dienām (dažreiz tikai pēc 6 ... 7 mēnešiem), cūkām — parasti pēc 1 ... 2 mēnešiem, ķēvēm — pēc 9 ... 12 dienām un gaļēdājiem — pēc 4 ... 5 mēnešiem.

Mājdzīvniekiem meklēšanās atkārtojas regulāri visu gadu (policikliskie dzīvnieki), bet vairumam savvaļas dzīvnieku gada laikā ir tikai viens dzimumcikls (monocikliskie dzīvnieki).

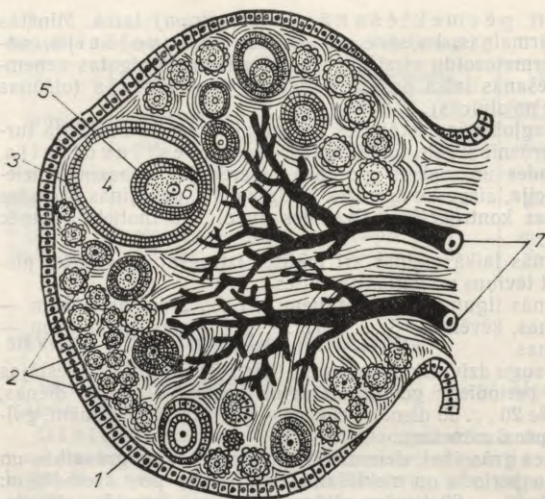
Savvaļas dzīvniekiem meklēšanās parasti ir saistīta ar noteiktu sezonu un ikvienas sugas dzīvniekiem dzemdības notiek vislabvēlīgākajā gadalaikā (parasti pavasarī), kad pēcnācējiem ir nodrošināti vislabākie augšanas un attīstības apstākļi.

Dzimumcikla norisi regulē centrālā nervu sistēma, kā arī hipofīzes gonadotropie, olnīcu dzeltenā ķermeņa un folikulu hormoni.

OVOĢENĒZE

Par ovoģenēzi sauc olšūnas veidošanās procesu. Ovoģenēze parasti norisinās nepārtraukti visā mātiņas dzīves laikā.

Olšūnas veidojas no dīgļepitēlija šūnām, kas apklāj olnīcu (41. att.). Sākumā izveidojas pirmatnējie ovogoniji, t. i., šūnas, kas novietojas olnīcas garozā grupiņu veidā. Viena no grupas šūnām pēc tam sāk palielināties un pārvēršas par primāro ovocītu, bet pārējās šūnas izveido ap to folikulārā epitēlija slāni. Folikulārais epitēlijs vairojas, un ap olšūnu izveidojas vairākas



41. att. Olnīcas griezuma shēma (pēc A. Kļimova):

1 — dīglepitēlijs, 2 — pirmatnējie ovogoniji, 3 — Grāfa pūslīša apvalks, 4 — Grāfa pūslīša dobums, 5 — staru vainags, 6 — olšūna, 7 — asinsvadi.

epitēlijšūnu kārtas. Pēc tam folikulos sāk veidoties dobums, kurā atdalās šķidrums (*liquor folliculi*), kas satur estrogēnos hormonus. Izaugušos un nobriedušos folikulus sauc par Grāfa pūslīšiem jeb gataviem folikuliem. Olšūnas Grāfa pūslītī atrodas īpašā folikulārā šūnu pauguriņā — olšūnas uzkalnā (*cumulus oophorus*). Folikulārās šūnas, kas apņem olšūnu, veido staru vainagu (*corona radiata*). Staru vainaga šūnas baro augošo olšūnu. Olšūnai augot, uz tās virsmas izveidojas caurspīdīgs bezstruktūras apvalks (*zona pellucida*).

Augšanas sākumā folikuls grimst virzienā uz olnīcas serdi, bet vēlāk, palielinoties folikulārā šķidruma daudzumam, tas tuvojas olnīcas virsmai un izspiežas uz āru, izspīļējot olnīcas šķiedraino apvalku.

Nogatavojušos folikulu diametrs dažādu sugu dzīvniekiem ir dažāds: govīm — līdz 1,4 cm, cūkām — 0,8 ... 1,0 cm, aitām — 0,5 cm, ķēvēm — 1,0 ... 7,5 cm (parasti 3 ... 4 cm). Olšūnas diametrs dažādu sugu dzīvniekiem ir 90 ... 150 μm. (Olšūna ir 15 000 ... 30 000 reizes lielāka par spermatozoīdu.)

Olnīcā vienlaikus veidojas ļoti daudz folikulu, bet pilnīgu nogatavošanos sasniedz tikai samērā neliels folikulu skaits. Vairums folikulu dažādās attīstības pakāpēs saplok un izzūd — notiek folikulu atrēzija.

Govīm un ķēvēm parasti vienlaicīgi nogatavojas tikai viens folikuls (pārmaiņus kreisajā un labajā olnīcā). Cūkām folikuli nogatavojas vienlaicīgi abās olnīcās, pie tam samērā lielā skaitā (katrā olnīcā 8... 10 folikuli).

Folikulu veidošanos, augšanu un nogatavošanos labvēlīgi ietekmē dzīvnieku bagātīga un pilnvērtīga ēdināšana.

Ovoģenēzi (arī spermatogēnēzi) nelabvēlīgi ietekmē jonizējošais starojums, kas var izraisīt dzīvnieku sterilitāti. Dzīvnieku frakcionēta apstarošana ar radioaktīvā starojuma mazām devām sterilitāti izraisa ātrāk nekā vienreizēja lielāka radioaktīvā starojuma deva.

OVULĀCIJA UN OLŠŪNAS PĀRVIETOŠANĀS

Nogatavojies folikuls plīst, un olšūna izkrīt vēdera dobumā. Šo procesu sauc par ovulāciju.

Folikuliem nogatavojoties, tajos sakrājas aizvien vairāk folikulārā šķidrums un līdz ar to pieaug spiediens to dobumā. Bez tam Grāfa pūslīša šķidrumā sāk sakrāties proteolītiskie fermenti, kas noārda folikula sienu. Tādējādi spiediena pieaugums folikulu dobumā, kā arī proteolītisko fermentu sakrāšanās folikulārā šķidrumā ir tiešais folikulu plīšanas cēlonis. Pastāv arī uzskats, ka folikulārā epitēlija noārdīšanā piedalās asins ferments hialuronidāze, kas veicina folikulārās sienas starpšūnu vielas depolimerizāciju. Mājdzīvniekiem folikuli nogatavojas un ovulācija notiek pa visu olnīcas virsmu, kuru pārklāj digļepitēlijs (*epithelium germinativum*), tikai ķēvēm ovulācija norisinās noteiktā vietā — ovulācijas bedrītē.

Lai pareizi organizētu dzīvnieku lecināšanu un mākslīgo apsēklošanu, ļoti svarīgi zināt precīzi ovulācijas sākumu, jo vislabākais mātīšu aplekšanas un mākslīgās apsēklošanas laiks ir īsi pirms ovulācijas sākuma.

Govīm 80% gadījumu ovulācija notiek 8... 12. stundā pēc meklēšanās izbeigšanās un 20% gadījumu 20... 30. stundā pēc meklēšanās sākuma (G. Azimovs). Ķēvēm ovulācija parasti notiek 24... 48. stundā pirms meklēšanās beigām, aitām — 10... 14. stundā un cūkām — otrajā dienā pēc meklēšanās sākuma. Dažiem dzīvniekiem (trušiem, kaķiem) ovulācija notiek tikai dzimumakta laikā un tiek izraisīta reflektoriski.

Plīsuša folikula vietā 8... 10 dienu laikā izveidojas dzeltenais ķermenis (*corpus luteum*), kas sastāv no saistaudiem un no lielām, dzeltenus graudiņus saturošām šūnām — luteīnšūnām. Luteīnšūnas veidojas no folikulārā epitēlija šūnām.

Notiekot apaugļošanās procesam un iestājoties grūsnībai, dzeltenais ķermenis saglabājas visu grūsnības laiku un darbojas kā iekšējās sekrecijas dziedzeris, izdalot hormonu progesteronu, kas nodrošina embrija attīstību. Šādu dzeltenu ķermeni sauc par grūsnības dzeltenu ķermeni (*corpus luteum graviditatis*). Ja grūsnība neiestājas, dzeltenais ķermenis pēc 10 ... 12 dienām sāk reducēties un līdz nākamai meklēšanās reizei gandrīz pilnīgi izzūd. Šajā gadījumā dzeltenu ķermeni sauc par meklēšanās dzeltenu ķermeni (*corpus luteum periodicum*). Pēc dzeltenā ķermeņa reducēšanās tā vietā paliek saistaudu rēta (*corpus fibrosum*).

Kā jau minēts, pēc Grāfa pūslīša plīšanas olšūna nokļūst vēdera dobumā. Ar šķidruma straumi, ko rada olvada piltuves bārkstīņu (*fimbriae tubae*) kustības, olšūna nokļūst olvadā. Dažiem dzīvniekiem, piemēram, cūkām un ķēvēm, meklēšanās laikā olvada piltuve un tās bārkstīņas stipri uzbriest un apņem olnīcu. Tādēļ šiem dzīvniekiem olšūna parasti iekrīt tieši olvada piltuvē.

Nokļūstot olvadā, olšūna ar olvada peristaltikas un tā epitēlija skropstiņu (mirdzepitēlija) kustību palīdzību pārvietojas dzemdes virzienā. Pētījumi rāda, ka govs olvadā pirmo 6 ... 12 stundu laikā pēc ovulācijas olšūna pārvietojas ar ātrumu 1,4 cm/stundā.

Ovulācijas laikā izdaloties no folikula, olšūna ir apņemta ar staru vainaga un olšūnas uzkalna šūnām. Virzoties pa olvadu, tās atdalās no olšūnas, un ap olšūnas caurspīdīgo apvalku (*zona pellucida*) izveidojas olbaltumvielu apvalks.

Pēc ovulācijas olšūnas spēja apaugļoties saglabājas samērā nelielu govīm — 3 ... 4 stundas, ķēvēm — līdz 10 stundām, aitām — līdz 5 stundām, cūkām — 8 ... 12 stundas.

DZIMUMREFLEKSI

Dzimumrefleksi ir beznosacījuma jeb iedzimtie refleksi, kas parādās līdz ar dzimumgatavības iestāšanos.

Vaisliniekiem ir 1) tuvošanās, 2) erekcijas, 3) apkampšanas, 4) koitālais un 5) spermas izdalīšanās jeb ejakulācijas reflekss.

Tuvošanās reflekss vaisliniekiem iestājas, ieraugot mātīti, saožot tās smaku utt., un norisinās ar galvas smadzeņu garozas līdzdalību.

Uztvertos redzes, ožas, dzirdes un citus kairinājumus galvas smadzeņu garoza novada erekcijas centrā, kas atrodas muguras smadzeņu krustu daļā. Erekcijas centrs uzbudinoties sāk raidīt impulsus uz dzimumorgāniem. Šo impulsu ietekmē paplašinās dzimumlocekļa artērijas, dzimumlocekļa briedumķermenis (*corpus cavernosum*) piepildās ar asinīm un uzbriest. Asins aizplūšanu no dzimumlocekļa aizkavē sēžas kavernoza muskulis (*m. ischiocavernosus*), kas kontrahējoties saspiež vēnas.

Pēc erekcijas refleksa izpaužas arī apkampšanas reflekss, t. i., vaislinieks uzlec mātītei un apkampj tās sānus ar priekšējām.

Erekcijas un apkampšanas refleksi izraisa nākamo — koitālo refleksu, kas izpaužas ar dzimumlocekļa ievadišanu makstī un berzēšanas kustībām.

Koitālais reflekss noslēdzas ar ejakulāciju. Koitālo berzēšanas kustību rezultātā tiek kairināti dzimumlocekļa galviņas (*glans penis*) receptori. Šo receptoru kairinājums tiek novadīts muguras smadzeņu jostas daļā esošajā ejakulācijas centrā, no kurienes uzbudinājuma impulsi pa eferentām nervu šķiedrām nonāk dzimumdziedzeros un dzimumorgānu muskulatūrā, izraisot spermas izdalīšanos — ejakulāciju.

Mātītēm dzimumrefleksi izpaužas tādējādi, ka tās meklēšanās laikā pielaiž sev klāt vaislinieku un ļaujas aplekties. Erekcijas reflekss mātītēm ir izteikts ar dzimumorgānu (priekšīņas kutekļa brieduma ķermeņa, dzemdes kakla un dzemdes) hiperēmiju un uzbrišanu. Apkampšanas reflekss mātītēm izpaužas kā pasīvs «nepretošanās» reflekss. Bieži vien meklēšanās laikā govīs, aitas un cūkas lec citām virsū. Šāda parādība ir apkampšanās refleksa izpausme. Vaislinieku ejakulācijas refleksam atbilstošais mātīšu reflekss ir dzemdes muskulatūras kontrakcijas un pastiprināta gļotu izdalīšanās caur dzemdes kakla kanālu. Dzimumrefleksi mātītēm ir izteikti tikai meklēšanās laikā. Ārpus meklēšanās laika mātītes parasti vaisliniekus nepielaiž.

Dzimumakts atgremotājiem ilgst 2 ... 10 sekundes, zirgiem — 1 ... 3 minūtes, cūkām 5 ... 8 minūtes un suņiem — līdz 45 minūtēm.

Uz dzimumrefleksu bāzes mājdzīvniekiem var izveidoties kā dabiskie, tā arī mākslīgie nosacījuma refleksi. Sakarā ar nosacījuma refleksu izveidošanos vaislinieku dzimumrefleksi izpaužas arī tad, kad tie nokļūst apstākļos, kuros parasti notiek aplecināšana. Šādos nosacījuma refleksus tad arī izmanto mākslīgajā apsēklošanā.

APSĒKLOŠANA

Izšķir divus apsēklošanas tipus 1) uterīno (dzemdes) un 2) vaginālo (maksts) tipu.

Uterīnajam apsēklošanas tipam sperma dzimumakta laikā tiek ievadīta tieši dzemdē. Uterīnā apsēklošana notiek ķēvēm, cūkām un kucēm. Dzīvniekiem ar uterīno apsēklošanas veidu ir gara dzemde, liels ejakulāts un ilgs dzimumakts. Liels ejakulāts nodrošina spermas ievadišanu pēc iespējas tālāk mātītes dzimumceļos, jo spermatozoīdu dzīvotspēja šī apsēklošanas tipa dzīvniekiem ir īsa (sakarā ar intensīvām oksidācijas procesu norisēm spermatozoīdos un spermas sāļu augsto koncentrāciju).

Vaginālā apsēklošana ir atgremotājiem un trušiem, kuriem dzimumakta laikā sperma iekļūst makstī (dzemdes kakla apvidū).

Siem dzīvniekiem ir ļoti īsa ejakulācija, neliels ejakulāts un ļoti koncentrēta sperma, kas sastāv gandrīz no spermatozoīdiem vien. Sperma neiztek no maksts, un spermatozoīdi, aktīvi kustoties, iekļūst dzemdes kakla kanālā. Spermatozoīdu pārvietošanos dzemdes dobumā veicina dzemdes muskulatūras kontrakcijas, kas rada piesūcēju darbību attiecībā pret dzemdes kakla kanālu.

Dzemdes muskulatūras kontrakcijas veicina arī spermatozoīdu pārvietošanos cauri dzemdes ķermenim un dzemdes ragiem olvadu virzienā. Sevišķi spēcīgas dzemdes muskulatūras kontrakcijas kļūst dzimumakta laikā. Bez tam spermatozoīdiem ir reotakses īpašība, t. i., spēja kustēties pret straumi. Pretstraume, piemēram, gļotas, kas meklēšanās laikā plūst virzienā uz ārējiem dzimumorgāniem, kairina spermatozoīdus un tādejādi paātrina to pārvietošanos olvadu virzienā.

Govīm spermatozoīdi olvados nonāk pēc 4 ... 14 stundām, cūkām — pēc 2—3 stundām un aitām — pēc 0,5 ... 1 stundas (skaitot no ejakulācijas sākuma).

Makstī palikušie spermatozoīdi iet bojā 3 ... 4 stundās, jo maksts sārmainā reakcija tiem ir ļoti kaitīga. Bez tam maksts iztecējumiem piemīt spermatoaglutinējošas īpašības. Tādēļ govij un aitai no vairākiem miljardiem spermatozoīdu, kas dzimumakta laikā nokļūst makstī, dzemdes kakla kanālā nonāk ne vairāk par 200 ... 300 miljoniem spermiju.

Govju un aitu dzimumorgānos spermatozoīdiem vislabvēlīgākā vide ir dzemdes kakla kanālā. Atgremotājiem dzemdes kakla kanāls ir stipri krokots un piepildīts ar biezām gļotām, kurām ir skāba reakcija. Sakarā ar to govju un aitu dzemdes kakla kanālā spermatozoīdi aizturas un nodzīvo tur līdz 48 stundām. Sakrājoties dzemdes kakla kanālā, spermatozoīdi ilgāku laiku izceļo uz dzemdi. Dzemdē tie nodzīvo ne ilgāk par 7 ... 10 stundām.

Tā kā spermatozoīdu dzīvotspēja dzemdes kakla kanālā ir samērā ilga, tika izstrādāta cervikālā govju un aitu maksliģīgās apsūklošanas metode, t. i., spermas ievadīšana ar attiecīgiem instrumentiem dzemdes kakla kanālā. Cervikālā maksliģīgās apsūklošanas metode salīdzinājumā ar vaginālo un uterīno metodi dod lielāku apaugļošanas procentu. Strādājot pēc šīs metodes, pietiek dzemdes kakla kanālā ievadīt tādu spermatozoīdu daudzumu, kāds tanī iekļūst no maksts dabiskās apsūklošanas laikā, t. i., govij 200 ... 300 miljonu spermatozoīdu un aitai — apmēram 100 miljonu.

Mātītes dzimumorgānos spermatozoīdi nodzīvo vidēji 9 ... 48 stundas. Jo ilgāk spermiji atrodas mātītes dzimumorgānos, jo vājāka paliek to apaugļošanas spēja. Ja spermatozoīdi mātītes dzimumorgānos tiek ievadīti meklēšanās beidzamajā stadijā, tie nobeidzas daudz ātrāk. Spermatozoīdu dzīvotspēja ir atkarīga no vaislinieka vispārējā fizioloģiskā stāvokļa, kā arī no tā ēdināšanas un turēšanas apstākļiem. Liela nozīme ir arī mātītes veselības stāvoklim.

Spermatozoīdi mātītes dzimumorgānos ļoti ātri iet bojā, ja tajos ir kāds iekaisuma process, jo iekaisuma produkti uz spermatozoīdiem iedarbojas nāvējoši. Bez tam spermatozoīdus intensīvi fagocitē baltie asinsķermeņi.

Spermatozoīdi, kas neizdalās no mātītes dzimumorgāniem ar gļotām un kas nepiedalās olšūnas apaugļošanas procesā, tiek uzskūti, izraisot mātītes organismā spermatozoīdu pretvielu un spermotoksīnu veidošanos.

Kā jau minēts (sk. «Ovulācija un olšūnas pārvietošanās» 263. lpp.), dzīvnieku (govju, aitu, cūku) vislabākais apsēklošanas laiks ir īsi pirms ovulācijas iestāšanās. Aplecinot dzīvniekus šajā laikā, dzīvai olšūnai rodas vislielākās iespējas satikties ar dzīvnieku spermatozoīdiem. (Folikulu nogatavošanās pakāpi un drīzu ovulācijas iestāšanos govīm, kā arī ķēvēm var noteikt, izmeklējot olnīcas.)

Uzskata, ka govīs visizdevīgāk aplecināt apmēram 10. stundā pēc meklēšanās sākuma; pēc 8 ... 12 stundām ir ieteicama atkārtota aplecināšana. Aitas aplecina 4. ... 20. stundā pēc meklēšanās sākuma. Cūkas nepieciešams aplecināt divas reizes: pirmo reizi ne vēlāk kā 15. ... 20. stundā pēc meklēšanās sākuma, otro reizi — 12. ... 18. stundā pēc pirmās aplecināšanas.

Padomju Savienībā ar katru gadu aizvien plašāk ievieš dzīvnieku mākslīgo apsēklošanu. Izmantojot šo metodi, no katra vērtīgā vaislinieka var iegūt ļoti daudz pēcnācēju, tādējādi īsā laikā var izkopt lopu šķirni un kāpināt to produktivitāti. Dzīvnieku mākslīgajai apsēklošanai ir liela nozīme arī dzimumorgānu slimību profilaksē un ālavības apkarošanā.

APAUGĻOŠANĀS PROCESS

Ap a u g ļ o š a n ā s ir olšūnas un spermija savienošanās un savstarpējās asimilācijas un disimilācijas process. Apaugļošanās process, pēc embriologu vairākuma domām, notiek olvada priekšējā trešdaļā, kur olšūna satiekas ar spermatozoīdiem.

Apaugļošanās procesā izšķir trīs stadijas: 1) olšūnas sagatavošanos spermatozoīda uzņemšanai, 2) spermatozoīdu iekļūšanu olšūnā, 3) sievišķās un vīrišķās dzimumšūnas savstarpējo asimilāciju.

Olšūnas sagatavošanās apaugļošanai (spermatozoīdu uzņemšanai) notiek, olšūnai atbrīvojoties no staru vainaga šūnām spermatozoīdu izdalītā fermenta hialuronidāzes ietekmē.

Staru vainaga šūnas savā starpā ir cieši saistītas ar īpašu muķoīdu vielu — hialuronskābi. Spermatozoīdu izdalītais ferments hialuronidāze depolimerizē (šķīdina) hialuronskābi un līdz ar to noārda staru vainagu. Staru vainaga noārdīšanai nepieciešams pietiekami liels spermatozoīdu skaits. Ja spermatozoīdu maz, tad arī to izdalītās hialuronidāzes daudzums ir nepietiekams, lai

atdalītu no olšūnas staru vainagu. Ja turpretī hialuronidāze izdalās lielā daudzumā (kad ir ļoti daudz spermatozoīdu), tad tā noārda ne tikai staru vainagu, bet izšķīdina arī pašu olšūnu, jo hialuronskābe ietilpst arī olšūnas caurspīdīgā apvalkā un citoplazmas sastāvā. Ūzskata, ka katras sugas dzīvniekiem ir savs spermatozoīdu daudzuma fizioloģiskais optimums, kāds nepieciešams apaugļošanās procesam. Staru vainagu var noārdīt arī citu dzīvnieku sugu spermatozoīdu izdalītā hialuronidāze, t. i., staru vainaga šķīdināšanās process ir nespecifisks.

Atšķirībā no apaugļošanas pirmās stadijas otrā stadija ir jau specifisks process, jo olšūnas caurspīdīgajā apvalkā un citoplazmā iekļūst tikai attiecīgās dzīvnieku sugas spermatozoīdi. Zīdītāju dzīvnieku olšūnā spermatozoīdi iekļūst pa caurspīdīgā apvalka spraugām, kurās atradās folikulāro šūnu atzarojumi. Speciālas atveres spermatozoīdu iekļūšanai zīdītāju dzīvnieku olšūnā nav. Cauri olšūnas caurspīdīgajam apvalkam izurbjas nevis viens, bet gan vairāki spermatozoīdi (dažkārt pat vairāki desmiti), kas sakrājas periviterālajā telpā.

No periviterālā telpā nokļuvušajiem spermatozoīdiem parasti tikai viens iekļūst olšūnas citoplazmā. Pēc spermatozoīda iekļūšanas olšūnas citoplazmā sākas abu gametu (spermatozoīda un olšūnas) savstarpējs asimilācijas un disimilācijas process. Olšūnā iekļuvušā spermatozoīda galviņa pārvēršas pūslīšveidīgā vīrišķā pirmkodolā, kas sāk asimilēt olšūnas citoplazmu un līdz ar to vairākkārt palielinās. Savukārt spermatozoīda ķermeni un asti asimilē olšūna. Kad spermatozoīda kodols sasniedz olšūnas kodola izmērus, tie abi sāk tuvoties viens otram, saplūst kopā un savstarpēji asimilējas.

Olšūnas un spermatozoīdu savstarpējās asimilācijas un disimilācijas rezultātā rodas jauna šūna — z i g o t a.

Zigota, kas sevī apvieno vīrišķo un sievišķo dzimumšūnu pretstatus (atšķirības), kļūst par organisma attīstības avotu, organisma attīstības virzošo spēku.

Kā viens no svarīgākajiem vīrišķo un sievišķo dzimumšūnu pretstatiem ir dažādā oksidācijas procesu intensitāte; vīrišķām dzimumšūnām ir augsts oksidācijas procesu līmenis, kas nav novērojams nogatavojušās olšūnās.

Sievišķās dzimumšūnas apaugļojas nevis ar kuru katru vīrišķo gametu, bet gan stingras «atlasses» veidā. Pie tam savstarpēji asimilējas tās dzimumšūnas, kurām ir vislielākie pretstati.

GRŪSNĪBA

AUGĻA ATTĪSTĪBA UN TĀ BAROŠANA

Zigota, tāpat kā olšūna, virzās pa olvadu dzemdes virzienā. Pēc apaugļošanās tā sasniedz dzemdes ragu 3 ... 7 dienās un pietiprinās pie tā gļotādas.

Govim zigota sāk dalīties otrās diennakts beigās pēc olšūnas apaugļošanās. Zigotai daloties, izveidojas divi, pēc tam četri, seši un astoņi blastomēri. Daloties astoņšūnu stadijas šūnām, izveidojas sešpadsmitšūnu (sešpadsmit blastomēru) stadija — morula, kas atgādina aveņogu. Morulas šūnu tālākās dalīšanās rezultātā izveidojas digļa pūslītis — blastula jeb blastocista. Blastulas vienā polā lielākās šūnas sagrupējas kaudzītē, izveidojot embrionālo mezgliņu, no kura attīstās embrijs, bet pārējās mazākās šūnas izveido pūslīša sienu — trofoblastu, no kā vēlāk rodas augļa segas.

Mājdzīvniekiem izveidojas šādas augļa segas: sākumā nabas pūslis jeb dzeltenuma pūslis, amnijs jeb ūdens sega un horijs jeb bārkstainā sega, bet vēlāk (19. ... 23. embrija attīstības dienā) alantojs jeb urīna sega (42. att.). Augļa segas savieno augli ar nabas saiti (*funiculus umbilicalis*), ko veido nabas asinsvadi, nabas pūšļa kāts un pirmatnējais urīnvads (*urachus*).

Horijs bārkstis saistās ar dzemdes gļotādas kriptām, veidojot placentu. Tā kā placenta ir horija un dzemdes gļotādas veidojums, tad tajā izšķir divas daļas: 1) augļa daļu (augļa placentu), kas sastāv no horija un tā bārkstīm, un 2) mātes daļu (mātes placentu), ko veido dzemdes gļotādas kriptas.

Attīstības sākumā embrijs barībai izmanto dzemdes pienu (dzemdes dziedzeru sekrētu, asins un limfas transudātu, dzemdes sienas epiteliālos un saistaudu elementus). Šādu barošanās veidu sauc par histotrofo jeb embriotrofo barošanu.

Kad auglim attīstās asinsrites sistēma, tas pāriet uz hemotrofo barošanās veidu, saņemot sev nepieciešamās barības vielas un skābekli no mātes asinīm caur placentu. Augļa un mātes



42. att. Augļa segu shēma:

- 1 — dzeltenuma pūslis,
- 2 — embrija sirds, 3 — embrija zarņa, 4 — amnijs,
- 5 — alantojs, 6 — horija bārkstis, 7 — alantoja dobums, 8 — nabas pūslis.

asinsvadi placentā ir ciešā saskarē, atdalīti savā starpā tikai ar kapilāru endotēlijiem.

Dažādu vielu pāriešana no mātes asinīm augļa asinīs netiek tomēr pakļauta difūzijas un osmozes likumiem, bet norisinās stingras atlases veidā. Tādēļ pat tik vienkāršu ķīmisko savienojumu kā kalcija, nātrija un kālija sāļu saturs augļa un mātes asinīs ir dažāds. Sevišķi liela starpība ir dzelzs satura ziņā; auglis no mātes asinīm dzelzi uzņem lielākā daudzumā, nekā to patērē. Rezultātā jaunpiedzimušā dzīvnieka organisms satur noteiktu dzelzs krājumu (galvenokārt aknās un liesā), kuru tas izlieto piena periodā, jo pienā, kā zināms, ir relatīvi maz dzelzs. Daudzas vielas placentā tiek noārdītas un pārveidotas, pirms tās nokļūst augļa asinīs. Tā mātes asins olbaltumvielas, tauki, kā arī glikogēns placentā sašķeļas līdz vienkāršākiem savienojumiem (līdz mazmolekulārmasas savienojumiem) un tikai tad nonāk augļa asinīs. Tādējādi augļa ķermenī lielmolekulārie savienojumi tiek sintezēti no jauna, jo augļa olbaltumvielas un tauki pēc ķīmiskās struktūras atšķiras no mātes organisma olbaltumvielām un taukiem. Ļoti viegli placenta laiž cauri hormonus, mediatorus (acetilholīnu) un vitamīnus, izņemot A vitamīnu, kas pāriet augļa asinīs parasti tad, kad placentā tas ir sakrājis noteiktā daudzumā.

Svarīga nozīme ir placentas barjerfunkcijai. Placenta aiztur mikroorganismus, parazītus, kā arī dažādas indes. Jonizējošie starojumi, iedarbojoties uz embriju vai augli, izraisa tiem dažādas kroplības.

Līdztekus barības vielu uzņemšanai caur placentu norisinās arī augļa vielu maiņas galaproduktu izdalīšana. (Histotrofās barošanās gadījumā embrija vielu maiņas galaprodukti izdalās dzemdes dobumā.)

Vielu maiņas intensitāte auglim ir samērā zema, jo tas ir pasargāts no siltuma atdošanas un tā kustības ir ļoti vājas.

Augļa gremošanas orgāni funkcionē ļoti nepilnīgi. Auglis norij augļa ūdeņus, kas uzsūcoties un sabiezējot veido t. s. mekoniju jeb zarnu piķi. Nelielā daudzumā auglim izdalās žults, kā arī kuņģa un zarnu sula, kas pievienojas mekonijam. Mekonijs sakrājas augļa taisnajā zarnā un pēc piedzimšanas izdalās ārā. Augļa nieres nelielā daudzumā izdala urīnu, kuram raksturīgs zems osmotiskais spiediens.

Sirds un asinsvadi embrijam sāk veidoties 19. ... 20. attīstības dienā. Attīstoties alantojam, izveidojas fetālā jeb placentārā asinsrites sistēma.

PĀRMAIŅAS MĀTES ORGANISMĀ GRŪSNĪBAS LAIKĀ

Iestājoties grūsnībai, sāk hipertrofēties dzemdes sienas: govīm dzemde palielinās 12 reizes, ķēvēm — 15 reizes, aītām — 10 reizes. No bļodas dobuma tā noslīd arvien dziļāk vēdera dobumā. Grūsnības laikā visi vēdera dobuma orgāni tiek atbīdīti uz priekšu, spiež uz diafragmu un līdz ar to apgrūtina elpošanu un asinsriti. Elpoša-

nas tips no kostoabdominālā mainās uz kostālo. Asimilācijas procesu pastiprināšanās rezultātā grūsnības laikā palielinās barības vielu patēriņš. Sevišķi stipri barības vielu patēriņš pieaug grūsnības otrajā periodā, kad auglis strauji palielinās. Sakarā ar to slikti ēdinātiem dzīvniekiem grūsnības beigās manāmi pasliktinās miesas stāvoklis un samazinās organisma rezistence.

Grūsnības periodā pastiprinās iekšējās sekrēcijas dziedzeru, galvenokārt vairogdziedzera un hipofīzes darbība. Svarīga nozīme grūsnības periodā ir dzeltenā ķermeņa hormonam progesteronam, kas aizkavē ovulāciju, sagatavo dzemdes gļotādu blastocistas nostiprināšanai un placentas izveidošanai, samazina dzemdes jutību pret dažāda veida kairinājumiem un nodrošina augļa augšanu un attīstību.

Grūsnības laikā stipri mainās tesmeņa anatomija un fizioloģija (sk. «Piena dziedzeru augšana un attīstība» 277. lpp.).

Grūsnības noteikšanai veterinārajā un zootehniskajā praksē visbiežāk lieto klīniskās grūsnības noteikšanas metodes, kas ir samērā vienkāršas, viegli lietojamas un precīzas. No klīniskām grūsnības noteikšanas metodēm maziem dzīvniekiem parasti lieto ārējās grūsnības noteikšanas metodes (apskati, palpāciju, auskultāciju), bet lieliem dzīvniekiem — rektālo un vaginālo metodi.

Svarīgākā klīniskā grūsnības noteikšanas metode ir rektālā metode, kuras būtība ir tā, ka izpalpē ar roku caur iztukšotu taisno zarnu olnīcas, augli, dzemdi un maksti, kā arī dzemdes plātās saites un dzimumorgānu asinsvadus. Ar rektālās izmeklēšanas metodes palīdzību var noteikt pārmaiņas dzimumorgānos, kas iestājas jau pirmajā grūsnības mēnesī.

GRŪSNĪBAS ILGUMS

Grūsnības ilgums ir atkarīgs galvenokārt no dzīvnieku sugas; katras sugas dzīvniekiem grūsnības ilgums ir samērā stabils. Grūsnības ilgumu nedaudz ietekmē arī dzīvnieku šķirne, vecums, kā arī

29. tabula

Dzīvnieku grūsnības ilgums (pēc I. Afanasjeva)

Dzīvnieks	Grūsnības ilgums (dienās)	
	vidēji	minimālais — maksimālais
Ķēve	340	310—360
Govs	280	270—300
Aita, kaza	150	146—160
Cūka	114	110—140
Kuce	62	59—65
Kaķe	58	55—60
Trušu mātīte	30	28—33
Lapsa	52	50—55
Cauna	255	—
Udele	42	42—78

mātes ēdināšanas un turēšanas apstākļi. Tā ātraudzīgu šķirņu dzīvniekiem grūsnības periods ir īsāks nekā lēnaudzīgu šķirņu dzīvniekiem. Nedaudz īsāks grūsnības periods ir arī jauniem, it īpaši pirmo reizi dzemdējošiem dzīvniekiem. Grūsnības laiku nedaudz saīsina pilnvērtīga dzīvnieku ēdināšana.

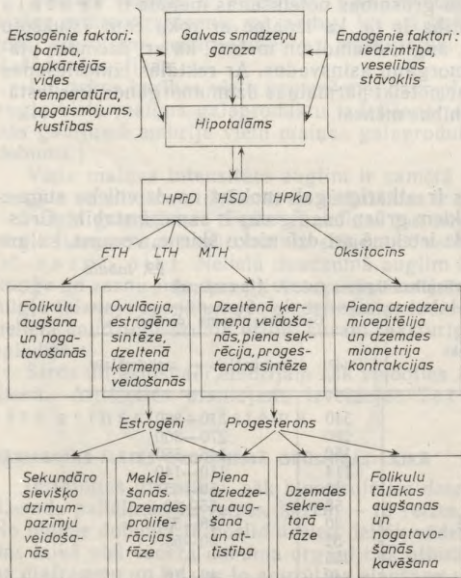
DZEMDĪBAS

Dzemdības jeb augļa izstumšana no dzemdes iestājas pēc grūsnības izbeigšanās un sākas ar dzemdes kakla atvēršanos, kā arī ar dzemdes un vēdera muskulatūras kontrakcijām.

Dzemdības ir sarežģīts reflektorisks process. Uzskata, ka daudzi refleksi, kuri darbojas dzemdību aktā un kuriem piedaloties notiek augļa izstumšana, sākas no dzemdes interoreceptoriem.

Auglim augot, kā arī pastiprinoties tā kustībām, pieaug dzemdes interoreceptoru kairinājums. Impulsi, kas rodas dzemdes interoreceptoros, tiek novadīti galvas smadzenēs un no turienes hipofīzes pakalējā daivā, izraisot hormona oksitocīna pāriešanu

Sieviško dzīvnieku dzimumfunkciju regulācijas shēma



asinīs. Kad uzbudinājuma impulsi, kas rodas dzemdes interoreceptoros, kļūst pietiekami stipri, tie izraisa oksitocīna intensīvu izdalīšanos. Oksitocīns, izdaloties pietiekami lielā daudzumā, izraisa dzemdes muskulatūras kontrakcijas. Kā dzemdes muskulatūras kontrakciju ierosinātājs darbojas arī acetilholīns, kas veidojas holīnerģisko (parasimpātisko) nervu galos. Ja dzemdību laikā dzīvnieka organismā ievada *ezerīnu*, kas noārda holīnesterāzi un ar to pastiprina acetilholīna darbību (holīnesterāze, kā zināms, sašķeļ acetilholīnu), tad dzemdību aktu var manāmi paātrināt. Jāatzīmē, ka oksitocīns un acetilholīns savstarpēji aktivizē viens otra darbību.

Attiecīgi dzemdību sākumu ietekmē arī grūsnības beigās progesterona samazināta izdalīšanās. Rezultātā pastiprinās dzemdes jutība pret mehāniskiem kairinājumiem. Bez tam grūsnības beigās mātes organismā vairāk sāk parādīties estrogēnie hormoni, kas pastiprina dzemdes muskulatūras jutību pret oksitocīna un acetilholīna darbību. Uzskata arī, ka estrogēno vielu ietekmē pastiprinās acetilholīna sintēzes process.

Dzemdību aktā zināma nozīme ir arī galvas smadzeņu garozas funkcionālajam stāvoklim. Tā, piemēram, novērots, ka dzemdības parasti iestājas naktī, kad galvas smadzeņu garoza saņem ievērojami mazāk dažāda veida kairinājumu, kas varētu kavēt dzemdību refleksus.

Dzemdību aktā dzemdes muskulatūra kontrahējas periodiski un ar pieaugošu stiprumu. Dzemdes muskulatūras kontrakciju ietekmē pārplīst augļa segas, noplūst augļa ūdens un auglis tiek izstumts ārā.

Galējāji tūlīt pēc dzemdību akta pārkož nabas saiti, bet citiem dzīvniekiem tā pārtrūkst augļa smaguma iespaidā.

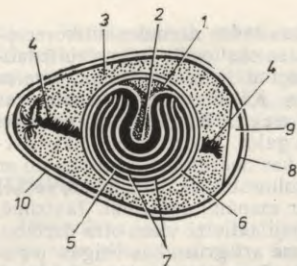
Noteiktu laiku pēc dzemdībām no dzemdes tiek izstumtas augļa segas un placenta: govīm — 2...6 stundu laikā, ķēvēm — līdz 1...2 stundām, cūkām — tūlīt pēc dzemdībām. (Galējājiem augļa segas un placenta tiek izstumtas kopā ar augli.)

Govīm dzemdību akts ilgst no 20 minūtēm līdz 3...4 stundām, cūkām — 2...20 stundas, aitām — 5...30 minūtes, trušu mātiņai — 15...20 minūtes.

Pēcdzemdību periodā atrofējas dzeltenais ķermenis un notiek dzemdes gļotādas un muskulatūras involūcija. Olnīcās no jauna sāk nogatavoties folikuli.

PUTNU VAIROŠANĀS

Putnu tēviņiem sēklinieki atrodas vēdera dobumā un spermatozoīdi pa sēklvadiem nokļūst kloākā. Dzimumloceklis vairumam putnu ir pilnīgi reducējies, bet ūdensputniem, piemēram, pīlēm un zosīm, tas saglabājies kā savdabīga kloākas ventrālās sienas kroka. Dzimumakta laikā putnu tēviņš piespiež savu kloāku mātītes kloākai, tādējādi mātītes dzimumceļos tiek ievadīti spermatozoīdi. Mātītes olvadod tie saglabā dzīvotspēju 15...20 dienas. Dzimum-



43. att. Vistas olas griezuma shēma:

1 — dīgļa disks, 2, 5 — olas dzeltenuma baltā substance, 3 — olas baltums, 4 — olas baltuma spirāliski savītās aukliņas, 6 — dzeltenuma (caurspīdīga) plēve, 7 — olas dzeltenuma dzeltenie slāņi, 8 — zemčaumalas plēve, 9 — gaisa kamera, 10 — čaumala.

akta laikā gailis izdala 0,8 ml ejakulāta, kurā ir apmēram 6 miljardi spermatozoīdu.

Olnīca putniem attīstās tikai kreisajā pusē; labās puses olnīcas aizmetnis kopā ar attiecīgo olvadu ir reducējies. Olvada sākuma daļa ir piltuvveidīgi paplašināta; šeit notiek olšūnas apaugļošanās. Kaudāli olvads sašaurinās, bet tad atkal paplašinās, atgādinot dzemdi. Aiz olvada paplašinātās daļas, t. i., aiz dzemdes, seko sašaurinātais nodalījums (maksts), kas atveras kloākā. Olvada kopējais garums dējējvistām sasniedz 60 cm. Olu dēšanas pe-

riodam izbeidzoties, olvada garums saīsina līdz 30 cm.

Vistām dažu dzīves gadu laikā olnīcā veidojas līdz 3000 olšūnu, bet pilnīgu nogatavošanos sasniedz ievērojami mazāks olšūnu skaits.

Putnu olšūna sastāv no barības dzeltenuma (*vitellus nutritivus*) un 1...2 mm liela dīgļa diska (*vitellus formativus*). Dīgļa disks atrodas olšūnas augšējā polā, un šeit pēc apaugļošanās sākas drostalošanās process. Barības dzeltenums, kas aizņem olšūnas lielāko daļu, sastāv no pamišus sakārtotiem baltiem un dzelteniem slāņiem. Olas dzeltenuma baltā substance zem dīgļa diska veido kolbai līdzīgu paplašinājumu. No ārpuses olšūna ir pārklāta ar dzeltenuma (caurspīdīgo) plēvi (43. att.).

Nogatavojusies olšūna pēc folikulārās segas plisuma nonāk olvadā, kas sāk peristaltiski kontrahēties, virzot olas dzeltenumu uz kloākas pusi. Vistām ovulācija parasti iestājas tad, kad olšūna sasniedz 35...40 mm diametru. Intensīvas olu dēšanas laikā vistas olnīca palielinās 10...15 reizes un atgādina vīnogu ķekaru.

Virzoties pa olvadu, olas dzeltenums griežas ap savu garenisko asi, un to pakāpeniski apņem četri olbaltumvielu slāņi. Šīs olbaltumvielas izdala olvadu dziedzeri. Pēc tam ola tiek pārklāta ar zemčaumalas (šķiedraino) plēvi un čaumalu. Zemčaumalas plēve sastāv no divām lapām, kas olas noapaļotajā galā atdalās viena no otras, veidojot nelielu gaisa telpu (olas gaisa kameru). No ārpuses olas čaumala pārklāta ar kutikulāro plēvi, kas pasargā olu no mikroorganismu iekļūšanas. Pirmais olbaltumvielu slānis, kas apņem olas dzeltenumu, ir blīvāks par pārējiem slāņiem un, olai griežoties ap savu garenisko asi, izveido spirāliski savītas aukliņas (*chalazae*), kas notur olas dzeltenumu olas centrā. Olas čaumalā ir ļoti daudz sīku poru; tām svarīga nozīme putnu embrija attīstībā, jo pa tām notiek gāzu maiņa un iztvaiko ūdens.

Vistas ola sver 55 ... 65 g (dažu šķirņu vistām olas masa sasniedz 70 ... 75 g) un satur 65,7% ūdens, 13,2% olbaltumvielu, 8,9% tauku un 0,8% minerālvielu (olas čaumalā ir 11,4% minerālvielu). No neorganiskiem elementiem olā visvairāk ir fosfora un kalcija. Olas dzeltenumā ir relatīvi daudz lipīdu (to skaitā apmēram 2% lecitīna), joda, kā arī īpaša nukleoproteīda — vitelīna (apmēram 16% no olas dzeltenuma masas). Olas dzeltenuma krāsu nosaka pigmenti ksantofils un karotīns. Ola ir samērā bagāta ar vitamīniem A, B₁, B₂, D, E, K u. c. To saturs olās stipri atkarīgs no putnu ēdināšanas un turēšanas apstākļiem.

Izejot caur olvadu, ola nonāk kloākā, no kurienes, kontrahējoties kloākas muskulatūrai, tiek izstumta ārā. Olas formēšanās process (no olšūnas ovulācijas līdz olu izdēšanai) ilgst 21 ... 27 stundas.

Olu dēšanu regulē centrālā nervu sistēma, tādēļ dēšanas akts var tikt pārtraukts, ja putnu sabaida. Olu dēšanas akts stimulē ovulāciju. Tā, piemēram, augstražīgām dējējvistām, kas izdēj vairāk nekā 300 olu gadā, kārtēja ovulācija iestājas pirmajā pusstundā pēc olas izdēšanas. Ovulācija, kā arī olas izdēšana parasti notiek dienas pirmajā pusē.

Visintensīvākā dējība ir jauniem putniem. Bagātīgos ēdināšanas un turēšanas apstākļos jaunas vistas sāk dēt jau 4 ... 6 mēnesī (gaļas šķirņu vistas nedaudz vēlāk — 6 ... 8 mēnesī). Mājputniem dzimumaktivitātes perioda ilgums ir šāds: gailim — 4 gadi, vistām — 6 gadi, titariem — 3 ... 5 gadi, pīlēm — 4 gadi, zosīm — 5 ... 8 gadi. Tā kā novecojoties dējība samazinās, vistas un pīles neietiec turēt saimniecībā ilgāk par 2 ... 3 gadiem.

Olu dējību nelabvēlīgi ietekmē spalvu maiņa, kā arī ļoti zema apkārtējās vides temperatūra. Savukārt olu dējību stimulē gaismas ilguma pagarināšana.

Putnu embriji attīstības sākumā barībai izmanto olas dzeltenumu. Sākot ar 12 ... 15. dienu, embrijs sāk intensīvi izmantot arī olas baltumu. Ķermeņa kaulaudu uzbūvei embrijs patērē arī daļu čaumalas minerālvielu.

Pirmajās inkubācijas dienās putnu embrijs elpošanai izmanto tikai olas dzeltenuma skābekli, bet, sākot ar 5 ... 6. dienu, tas sāk izmantot olas gaisa kameras skābekli, kā arī skābekli, kas iekļūst olā caur olas čaumalas porām. Visā inkubācijas periodā vistas embrijs patērē 4 ... 4,5 l skābekļa un izdala 3 ... 4 l ogļskābās gāzes.

Optimālā temperatūra mājputnu embriju attīstībai ir 37 ... 40 °C. Sākot ar 14. inkubācijas dienu, putnu embrijiem parādās pirmās termoregulācijas spējas.

Inkubācijas periods vistām (vistu embrijiem) ilgst 20 ... 21 dienu, titariem — 28 ... 29 dienas, pīlēm — 28 dienas, zosīm — 29 ... 30 dienas.

Cāļiem dzimumu var noteikt jau pirmajā dienā pēc izšķilšanās no olām: gailīšiem var konstatēt rudimentāro dzimumlocekli, kas neliela izcilniša veidā atrodas uz kloākas gļotādas.

XII. Laktācija

Fizioloģijā par laktāciju sauc piena veidošanās un piena izvadišanas procesu.

PIENA DZIEDZERU UZBŪVE

Piena dziedzeri (*glandulae lactiferi*) pēc izcelšanās veida pieskaitāmi pie ādas dziedzeriem; ģenētiski tie ir saistīti ar sviedru dziedzeriem.

Piena dziedzeri sastāv no saistaudu skeleta — stromas un dziedzeraudiem — parenhīmas. Piena dziedzeru parenhīmu saistaudi sadala daudzās sīkās daļiņās. Katra daļiņa sastāv no mikroskopiskām (0,1 ... 0,3 mm diametrā) alveolām, no kurām atiet piena izvadkanāli. Sākumā tie ir ļoti šauri, bet vēlāk, savā starpā savienojoties, izveido aizvien lielākus piena kanālus, kas pāriet piena ejās (*ductus lactiferi*), pa kurām piens satek piena krātuvē (*sinus lactiferi*). No piena krātuves atiet pupa kanāls (*canalis papillaris*), kas atveras pupa galā (44. att.). Pupa atrodas gludā muskulatūra, kas daļēji iet gredzenveidīgi un pupa galā izveido pupa kanāla slēdzējmuskuli.

Govīm piena krātuve ir ļoti liela un dziļi iespiežas pupā, tādēļ pupa kanāls ir ļoti īss.

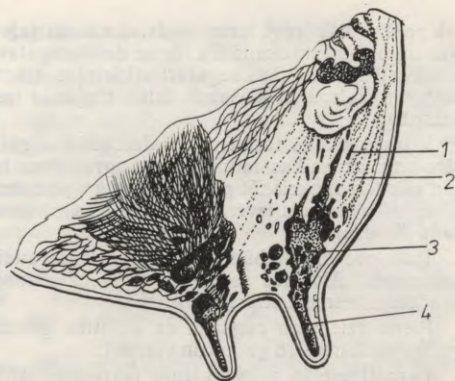
Alveolas un sīkās piena ejas no iekšpuses ir izklātas ar sekretoro epitēliju, bet no ārpuses tās apņem zvaigžņveidīgas šūnas (mioepitēlijs), kas spēj kontrahēties; tam ir svarīga nozīme piena izvadišanas procesā.

Dažādu sugu dzīvniekiem piena dziedzeru skaits ir dažāds: no 2 (ķēvēm) līdz 16 ... 20 piena dziedzeriem (cūkām). Govīm, aītām, kazām un ķēvēm piena dziedzeri ir novietoti cirkšņu apvidū, klāti ar kopēju ādas apvalku un izveido tesmenī (*uber, mamma*). Cūkām, gaļēdājiem un grauzējiem piena dziedzeri atrodas vēdera vidus līnijas (baltās) abās pusēs.

Govs tesmenis sastāv no četriem piena dziedzeriem (diviem piena dziedzeru pāriem), kas ir pilnīgi atdalīti cits no cita, veidojot četras atsevišķas piena dziedzeru sistēmas.

44. att. Govs tesmeņa gargriezums (pēc V. Nushaga):

- 1 — piena ejas, 2 —
piena dziedzeri, 3 —
piena krātuve, 4 —
pupa kanāls.



Govs tesmenim ir ļoti liels tilpums, tādēļ tajā var sakrāties daudz piena (augstražīgām govīm — 20 . . . 25 l). Liela piena daudzuma saturēšanu tesmenī nodrošina ne tikai pupa kanāla slēdzējmuskulis, sfinkters, bet arī īpaša piena vadu uzbūve un to novietojums tesmenī (piena vadu paplašinājumi, kas mainās ar sašaurinājumiem, nesimetrisks piena vadu sazarojums utt.).

Tesmeni ar asinīm apgādā *a pudenda externa*. No tesmeņa asinis atplūst pa *v. pudenda externa*, kas iet kopā ar atbilstošo artēriju. Bez tam venozās asinis aiztek vēl pa *v. subcutanea abdominis* (piena dzislu) un *v. pudenda interna*.

Tesmeņa ādas un dziedzeru aferento inervāciju veic galvenokārt ārējais sēklinervs (*n. spermaticus externus*). Tesmeņa eferentās nervu šķiedras ir simpātiskās nervu sistēmas šķiedras, kas atiet no 2. . . 4. jostas ganglija, kā arī no krustu vertebrālajiem ganglijiem. Simpātiskās nervu šķiedras piena dziedzeros iekļūst kopā ar ārējo sēklinervu, gūžas un pavēderes nervu (*n. iliohypogastricus*) un ar pavēderes un cirkšņu nervu (*n. ilioinguinalis*).

Tesmeņa ādā un dziedzeros, kā arī asinsvadu un limfvadu sienās atrodas daudz dažādu receptoru (taktilie receptori, baroreceptori, termoreceptori u. c.).

PIENA DZIEDZERU AUGŠANA UN ATTĪSTĪBA

Piena sekrēcija iestājas tikai tad, kad piena dziedzeri sasniedz noteiktu attīstības stadiju.

Piena dziedzeru augšana un attīstība sākas jau pirms pirmās meklēšanās. Šajā periodā tesmeņa augšana notiek uz saistaudu (galvenokārt uz taukaudu) rēķina. Iestājoties dzimumgatavībai,

sāk pastiprināti augt tesmeņa dziedzeraudi (alveolas), kā arī piena ejas un piena izvadkanāli. Līdz ar dzimumgatavības iestāšanos parādās meklēšanās, kas regulāri atkārtojas (ja nenotiek apaugļošanās), un katras meklēšanās laikā turpinās tesmeņa augšana un attīstība.

Visintensīvākā tesmeņa dziedzeraudu augšana un attīstība novērojama grūsnības laikā, it īpaši grūsnības beidzamajā periodā, kad sāk jau funkcionēt piena dziedzeru sekretorais epitēlijs. Grūsnības laikā tesmenī ievērojami palielinās arī nervu šķiedru un asinsvadu daudzums.

Tūlīt pēc dzemdībām tesmeņa dziedzeraudi sāk ļoti intensīvi funkcionēt. Alveolas sasniedz maksimālo apmēru, bet saistaudu daudzums tesmenī stipri samazinās.

Piena dziedzeru augšana un attīstība govīm turpinās vairākus gadus pēc kārtas (6 gadus un vairāk).

Parasti pēc 10 mēnešu ilgas laktācijas govīs vairs neslauc un tām sākas cietstāvēšanas periods (apmēram 1,5 ... 2 mēnešus ilgs). Cietstāvēšanas perioda sākumā piena dziedzeru alveolas stipri samazinās un to lūmens dažreiz pat pilnīgi izzūd. Daļa alveolu un piena eju atrofējas, un to vietā saviešas saistaudi. Līdz ar piena dziedzeru atrofiju manāmi samazinās tesmeņa lielums, notiek tesmeņa involūcija.

Tesmeņa involūcija parasti sākas jau tad, kad vēl norisinās piena sekrēcija un govīs tiek slauktas. Grūsnēm dzīvniekiem tesmeņa involūcija iestājas ātrāk nekā negrūsnēm. Tā govīm grūsnība sāk kavējoši iedarboties uz piena sekrēcijas procesu, jau sākot ar 4. mēnesi pēc apaugļošanās. Ālavām govīm, kā zināms, laktācijas periods dažkārt var turpināties pat vairākus gadus pēc kārtas.

Cietstāvēšanas periodā tesmeņa involūcija norisinās 12 ... 15 dienās. Pēc tam sākas tesmeņa dziedzeru reģenerācija.

Vecām govīm tesmeņa dziedzeru vietā pakāpeniski attīstās pastāvīgie saistaudi; tesmenis samazinās apmērā un līdz ar to samazinās piena izslaukumi.

Lielu ietekmi uz piena dziedzeru augšanu un attīstību atstāj dzimumhormoni: estrogēnie hormoni, kas stimulē piena eju augšanu, un dzeltenā ķermeņa hormons progesterons, kas sekmē piena dziedzeru sekretorā epitēlija attīstību. Bez tam piena dziedzeru veidošanos veicina hipolīzes somatotropais (augšanas) hormons, adrenokortikotropais hormons un prolaktīns, kā arī daži virsnieru garozas hormoni. Piena dziedzeru augšanu un attīstību stimulē arī bagāts foliāķābes saturs barībā (G. Azimovs).

Svarīga nozīme piena dziedzeru augšanas un attīstības regulācijā ir nervu sistēmai. Dzimumhormoni iedarbojas uz piena dziedzeriem tikai caur nervu galiem. Konstatēts, ka arī tesmeņa receptoru kairinājums (masāža) manāmi pastiprina piena dziedzeru augšanu.

PIENA ĶĪMISKAIS SASTĀVS UN FIZIKĀLĀS ĪPAŠĪBAS

Piena sastāvā ietilpst ūdens, dažādas olbaltumvielas (kazeīns, piena albumīns jeb laktalbumīns, piena globulīns jeb laktoglobulīns, lipoproteīdi), laktoze, tauki, fosfatīdi (lecitīni, kefalīni), sterīni, vitamīni (A, D, E, K, B₁, B₂, B₆ u. c.), fermenti (katalāze, amilāze, dehidrāze u. c.), imūnvielas, organiskās ekstraktvielas (piemēram, citronskābe), kālija, nātrija, kalcija, magnija, dzelzs un citu elementu neorganiskie savienojumi, galvenokārt sulfātu, hlorīdu un fosfātu veidā, kā arī mikroelementi (varš, cinks, jods, mangāns, kobalts u. c.).

Govs piens satur 83 ... 89% ūdens, 2,8 ... 6,0% tauku, 4,0 ... 5,5% laktozes, 2,0 ... 4,0% kazeīna, 0,2 ... 0,6% laktalbumīna, 0,1% laktoglobulīna, 0,6 ... 0,8% minerālsāļu, 0,1 ... 0,2% citronskābes.

Vitamīnu saturs 100 g govju piena ir šāds: 0,8 mg A vitamīna, 2,3 ... 5,0 mg E vitamīna, 0,5 ... 2,5 mg C vitamīna, 0,035 ... 0,040 mg tiamīna, 0,15 ... 0,17 mg riboflavīna, 0,08 ... 0,09 mg nikotīnamīda, 0,3 ... 0,4 mg pantotēnskābes, 0,0003 ... 0,0004 mg kobalamīna, 0,05 ... 0,06 mg piridoksīna, 0,002 ... 0,005 mg biotīna, 13 ... 15 mg holīna, 13 ... 18 mg inozīta, 0,0001 ... 0,0004 mg folskābes (M. Senks un E. Kolbs). D vitamīna saturs govju pienā (100 ml) ir 0,5 ... 10 I. V. D vitamīna. Jāatzīmē arī, ka piens satur dažus provitamīnus, piemēram, karotīnu.

30. tabula

Aminoskābju saturs govju piena olbaltumvielās

Aminoskābe	Daudzums (%)		
	kazeinā	laktalbuminā	laktoglobulinā
Glikokols	2,0	3,2	1,4
Alanīns	3,2	2,4	7,2
Valīns	7,2	4,7	5,7
Leicīns	9,2	11,5	15,6
Izoleicīns	6,1	6,8	7,2
Serīns	6,3	4,8	4,5
Glutamīnskābe	22,4	12,9	19,3
Asparagīnskābe	7,1	18,7	11,4
Arginīns	4,1	1,2	2,9
Lizīns	8,2	11,5	12,0
Cistīns	0,4	6,4	2,6
Fenilalanīns	5,0	4,5	3,6
Tirozīns	6,3	5,4	3,7
Triptofāns	1,7	7,0	1,9
Histidīns	3,1	2,9	1,6
Metionīns	2,8	1,8	3,2
Treonīns	4,9	5,5	5,4
Prolīns	10,6	1,5	4,6
Glicīns	—	—	4,0

Govs piena blīvums ir 1,028 ... 1,034, osmotiskais spiediens 6,6 atm., pH — 6,56 ... 7,00. Tūlīt pēc izslaukšanas pienam ir baktericīdas īpašības.

Svarīgākā gov's piena olbaltumviela — kazeīns (kazeinogēns) ir fosfoproteīds. Pastāv trīs kazeīna veidi: α , β un γ . Tie atšķiras cits no cita galvenokārt ar dažādu fosfora saturu. Tā α kazeīns satur 1%, β kazeīns — 0,6% un γ kazeīns — 0,1% fosfora. Pien-skābes iedarbībā (pienam saskābstot) kazeīns izgulsnējas. Kazeīna izgulsnēšanās notiek arī kuņģa sulas fermenta himozīna ietekmē (sk. «Kuņģa sulas sastāvs un īpašības» 36. lpp.).

Laktalbumīns satur relatīvi daudz sēra un pretēji kazeīnam nesatur fosforu. Laktalbumīns labi šķīst ūdenī, un himozīns, kā arī skābes to neizgulsnē. Jāatzīmē, ka laktoglobulīns ir imūnvielu nesējs.

Atgremotāju piena tauki atšķirībā no citu sugu dzīvnieku piena taukiem un arī atšķirībā no pašu atgremotāju ķermeņa taukiem satur ievērojami vairāk taukskābju ar mazu molekulmasu (taukskābes ar īsu oglekļa atomu virkni): sviestskābi, kapronskābi, kaprilskābi, kaprinskābi, kas sastāda apmēram 30% no piena tauku kopējā taukskābju daudzuma.

Piena tauku sastāvā ietilpst arī piena lipīdi (lecitīni, kefalīni un sterīni), kā arī taukos šķīstošie vitamīni.

Tauki pienā atrodas emulsijas veidā. Piena tauku lodīšu diametrs ir 0,5 ... 10 μm , un 1 mm^3 piena atrodas 2 ... 5 miljoni šādu tauku lodīšu. Katra piena tauku lodīte ir pārklāta ar lecītinolbaltumvielas plēvīti, kas neļauj tām salipt. Iedarbojoties mehāniski, piemēram, kuļot sviestu, piena tauku lodīšu apvalki sairst un piena tauki salip piciņās un kamoliņos.

Piena ķīmisko sastāvu ietekmē dzīvnieku ēdināšanas un turēšanas apstākļi, dzīvnieku šķirne un vecums, gadalaiks, laktācijas pe-

31. tabula

Taukskābju saturs gov's piena taukos

Piesātinātas taukskābes	Saturs (moli 100 g)	Nepiesātinātas taukskābes	Saturs (moli 100 g)
C ₄	10,2	C ₁₀	0,2
C ₆	2,5	C ₁₂	0,2
C ₈	1,3	C ₁₄	0,9
C ₁₀	1,5	C ₁₆	2,8
C ₁₂	3,3	C ₁₈	35,3
C ₁₄	8,6	C ₂₀ , C ₂₂	0,5
C ₁₆	21,1		
C ₁₈	9,9		
C ₂₀	0,7		
Kopā	59,1%	Kopā	40,9%

Piena sastāvs un jaunpiedzimušo augšanas ātrums

Dzīvnieks	Jaunpiedzimušā dzīvmasas divkārtšošanās periods (dienās)	Vidējais daudzums (%)				
		ūdens	olbaltumvielu	tauku	laktozes	minerāl-sāļu
Zirgs	60	90,3	1,8	1,1	6,0	0,4
Govs	47	87,3	3,4	3,6	5,0	0,7
Kaza	22	87,0	3,7	4,0	4,5	0,9
Aita	15	84,0	5,1	6,1	4,2	1,0
Cūka	14	82,4	6,1	6,4	4,0	1,1
Suns	9	77,0	9,7	9,3	3,1	0,9
Trusis	6	70,0	15,5	10,4	1,9	2,7

riods, apkārtējās vides temperatūra un citi faktori. Tā, piemēram, izēdinot slaucamām govīm palielinātā devā (par 30 ... 60%) olbaltumvielas, piena tauku saturs pieaug par 0,3 ... 0,5%. Tāuku saturs pienā palielinās arī tad, ja dzīvniekam papildus izēdina kalciju, fosforu un mikroelementus. Laktācijas perioda laikā piena ķīmiskais sastāvs mainās: sākot ar 4. ... 5. laktācijas mēnesi, pienā sāk palielināties olbaltumvielu un tauku saturs. Sevišķi stipri piena ķīmiskais sastāvs izmainās beidzamajā laktācijas mēnesī.

Ļoti atšķirīgs no parastā piena ir pirmo 5 ... 7 laktācijas dienu piens, kuru sauc par pirmo pienu (*colostrum*). Govs pirmpienā ir ievērojami vairāk olbaltumvielu (albumīna ap 4% un globulīna līdz 12%) un minerālvielu (it īpaši magnija un dzelzs sāļu) nekā parastā pienā. Bez tam pirmpienā ir daudz vairāk vitamīnu (piemēram, A un C vitamīna pirmpienā ir 10 reizes vairāk nekā parastajā pienā), kā arī vairāk imūnvielu un fermentu, piemēram, lizozīma. Pirmpienam ir dzelteni balta krāsa, bieza un viskoza konsistence, iesāļa garša un nedaudz skābāka reakcija par parastā piena reakciju. Pirmpienu sildot, tas ātri sarec. Pirmpiens ir ļoti svarīga jaunpiedzimušo barība. Sakarā ar paaugstinātu minerāl-sāļu saturu pirmpiens pastiprina jaunpiedzimušo dzīvnieku gremošanas trakta peristaltiku un līdz ar to sekmē zarnu kanāla atbrīvošanu no mekonija, bet pirmpiena imūnvielas palīdz jaunpiedzimušajam organismam cīnīties ar slimību ierosinātajiem mikroorganismiem.

Salīdzinot dažādu sugu dzīvnieku piena ķīmisko sastāvu, var konstatēt, ka tiem dzīvniekiem, kuru mazuļi aug visātrāk, pienā ir vairāk olbaltumvielu un minerāl-sāļu.

Interesanti atzīmēt, ka dažu sugu dzīvnieku pienam ir ļoti augsts tauku saturs. Tā, piemēram, ziemeļbriežu pienā ir vidēji 17,9%, bet roņu pienā — pat 53,2% tauku.

PIENA SEKRĒCIJA

Piens veidojas no vielām, kas piena dziedzerādiem pieplūst ar asinīm. Dažas piena sastāvdaļas, piemēram, piena olbaltumvielas, tauki un laktoze tiek sintezētas piena dziedzerādos no asins plazmas organiskajām vielām. Savukārt citas piena sastāvdaļas (vitamīni un minerālvielas) pāriet no asinīm pienā nepārmainītā veidā. Bet arī šajā gadījumā piena dziedzerādi veic sarežģītu atlases darbu attiecībā pret asins plazmu.

Kaut gan asins un piena osmotiskie spiedieni ir līdzīgi, atsevišķu vielu koncentrācija pienā ir stipri augstāka nekā asins plazmā. Salīdzinājumā ar asins plazmu piens satur 90...95 reizes vairāk oglehidrātu, 20 reizes vairāk tauku, 14 reizes vairāk kalcija, 9 reizes vairāk kālija utt. Turpretī dažu citu vielu saturs pienā ir zemāks nekā asins plazmā. Pienā ir 2 reizes mazāk olbaltumvielu un 7 reizes mazāk nātrija.

Piena sastāvdaļu sintēze notiek alveolu un piena eju sekretorā epitelija šūnās. Laktācijas periodā šīs šūnas stipri palielinās, kļūst cilindriskas un tajās uzkrājas sekrets. Piena sintēzes procesā piedalās kā šūnas citoplazma, tā arī tās kodols. Funkcionālās aktivitātes agrīnajā stadijā tesmeņa dziedzeršūnas izdala šķidru sekretu pēc merokrīnā sekrēcijas tipa, t. i., bez šūnas citoplazmas noārdīšanās. Savukārt laktācijas perioda beigās piena dziedzeros novērojama galvenokārt holokrīnā sekrēcija, kad sekretorās šūnas noārdās pilnīgi un to citoplazma, kodols un organoīdi pārvēršas sekretā. Pārējā (visilgākā) laktācijas periodā piena sekrēcija norisinās apokrīnā veidā, t. i., noārdoties sekretorās šūnas apekāļajai (*apex* — galotne) daļai, kas vērsta uz alveolas dobuma pusi. Sekretorās šūnas bazālā daļa, kas apokrīnās sekrēcijas gadījumā paliek neskarta, pēc noteikta laika atjaunojas par veselu šūnu.

Agrāk uzskatīja, ka piena sekrēcija (piena veidošanās) norisinās galvenokārt slaukšanas laikā. Tagad ir noskaidrots, ka tā notiek nepārtraukti visu laiku, un piens, kas ir veidojies starp atsevišķām slaukšanas reizēm, uzkrājas tesmenī, t. i., tesmeņa alveolās, piena izvadkanālos, piena ejās un piena krātuvē.

33. tabula

Minerālvielu saturs govju asins plazmā un pienā

Minerālvielas	Daudzums (%)	
	asins plazmā	pienā
Kalcijs	0,009	0,12
Magnijs	0,003	0,01
Fosfors	0,011	0,10
Nātrijs	0,34	0,05
Kālijs	0,02	0,15
Hlors	0,35	0,11

G. Azimova laboratorijā izdarītajos pētījumos noskaidrots, ka tesmenī uzkrātā piena sastāvdaļas var pāriet (uzsūkties) atpakaļ asinīs. Ievadot kādā vienā tesmeņa ceturksnī fosfora, kalcija vai citus izotopus, tos ļoti ātri var konstatēt asinīs un urīnā, kā arī pārējos tesmeņa ceturkšņos. Slaukšanas laikā radioaktīvo vielu pārņemšana no tesmeņa alveolām asinīs pastiprinās.

Piena sintēzes procesi tesmenī ir sarežģīti un norisinās ļoti intensīvi. Tā govij 1 kg piena dziedzerādu masas vienā stundā izstrādā $\frac{1}{3}$ l piena. Ja no govys vienā dienā izslauc 15...30 l piena, tad tas nozīmē, ka diennaktī dzīvnieks ražo un izdala ar pienu 500...1000 g olbaltumvielu, 600...1200 g tauku un 700...1400 g piena cukura (laktozes).

Intensīvu piena sintēzes procesu rezultātā caur tesmeni izplūst ļoti daudz asins. Pētījumos noskaidrots, ka 1 l piena sintēzei caur tesmeni ir jāiziet 400...500 l asins (V. Ņikitins). Cietstāvēšanas periodā asinsrites intensitāte tesmenī vairākkārt pazeminās.

Ekspērimētāli noskaidrots, ka 1 l piena sintēzei piena dziedzerādi patērē apmēram 145 g asins organisko vielu (V. Ņikitins). Turpretī 1 l piena satur apmēram 119 g organisko savienojumu. Tas rāda, ka asins organisko savienojumu attiecīga daļa tiek izlietota sintēzes un enerģētisko procesu uzturēšanai piena dziedzerādos.

**Slaucamai govij ar piena izslaukumu 30 l diennaktī
siltuma veidošanās intensitāte (kcal/diennaktī)
dažādos orgānos un audos**

Aknās	5500
Piena dziedzerādos	4100
Gremošanas trakta kanālā	3700
Skeleta muskulatūrā	3500
Sirds muskulatūrā	1600
Taukaudos	1300

Piena olbaltumvielas veidojas no asins aminoskābēm un polipeptīdiem. Uzskata arī, ka piena olbaltumvielu sintēzē piedalās asins olbaltumvielas pēc attiecīga to polipeptīdu ķēdes pārkārtojuma (S. Folli).

Laktoze piena dziedzerādos veidojas no asins glikozes, tai savienojoties ar fosforilēto galaktozi. Galaktozes avots piena dziedzerādos ir glikoze, kā arī glikoproteīdi, kas satur galaktozi (glikozaminodigalakteze). Pētījumos, kas izdarīti ar radioaktīvo oglekli (C^{14}), noskaidrots, ka atgremotājiem laktozes sintēzē piedalās arī etiķskābe un propionskābe (G. Popjaks). Jāatzīmē, ka laktozes veidošanās ir vienīgais disaharīdu sintēzes gadījums dzīvnieku organismā.

Piena tauki veidojas no asins plazmas taukskābēm un taukiem. Atgremotāju organismā svarīgs piena tauku izejmateriāls ir gaistošās taukskābes (etiķskābe, propionskābe, sviestskābe), kas intensīvi uzsūcas asinīs no priekškuņģiem (sk. «Gremošanas process atgremotāju kuņģī» 46. lpp.). Izmantojot radioaktīvos izotopus, noskaidrots, ka atgremotāju organismā 10% no ievadītā acetāta

Etiķskābes, propionskābes, sviestskābes un glikozes daudzums, kas uzsūcas un tiek izmantots biosintēzei un oksidācijai slaucamās govīs organismā ar piena izslaukumu 30 l diennaktī

Organiskās vielas	Uzsūcas gremošanas traktā (g diennaktī)	Tiek izmantotas (g diennaktī)	
		biosintēzei	oksidācijai
Etiķskābe	4014	2034	1980
Propionskābe	2065	1628	437
Sviestskābe	1023	326	697
Glikoze	3222	1620	1602

daudzuma pāriet piena taukos (G. Popjaks, T. Frenčs, S. Folli). Ir arī izpētīts, ka atgremotāju piena dziedzerādi no caurplūstošām asinīm saņem 80% asins plazmas etiķskābes. V. Nikitins norāda, ka govīm 1 l piena ražošanai piena dziedzerādi patērē 4...14 g (vidēji 7...8 g) etiķskābes. Piena tauku (augstāko taukskābju) sintēze no etiķskābes notiek, pakāpeniski pagarinoties taukskābju oglekļa atomu ķēdei (pievienojoties etiķskābes radikāļiem taukskābes karboksilgrupai), t. i., pretēji taukskābju β oksidācijai (sk. «Intermediārā tauku maiņa» 169. lpp.).

Piena tauku sintēzē piedalās arī asins plazmas glikoze, kā arī bezslāpekļa sastāvdaļas, kas veidojas aminoskābju dezaminēšanās procesā.

Piena sintēzes procesos, kas norisinās piena dziedzeru epitēlija šūnās, svarīga nozīme ir fermentiem (fosfatāzei, fosfoglikomutāzei, heksokināzei, argināzei u. c.).

Pēc slaukšanas piens sākumā piepilda alveolas un sīkās piena ejas un tikai tad sāk pāriet piena krātuvēs (govīm 5...8. stundā pēc slaukšanas). Tesmenim piepildoties ar pienu, spiediens tesmenī paaugstinās ļoti maz, jo vienlaicīgi samazinās mioepitēlija, kā arī piena izvadkanālu un piena krātuves muskulatūras tonuss. Tesmeņa muskulatūras tonusa samazināšanās ir reflektoriska reakcija uz tesmeņa baroreceptoru kairinājumu. Ja tesmeņa piepildīšanās pakāpe ir sasniegusi attiecīgu līmeni, tesmeņa muskulatūras toniskie refleksi tiek kavēti, tādēļ spiediens tesmenī sāk strauji palielināties, tiek saspiesti tesmeņa asinsvadu kapilāri un limfvadi un piena sekrēcija pavājinās.

Tesmeņa piepildīšanās pakāpe ietekmē piena tauku sintēzes procesus: piens, kas veidojies tūlīt pēc slaukšanas, satur vairāk tauku nekā vēlāk veidoto porciju piens. Uzskata, ka tūlīt pēc slaukšanas tesmenī rodas vislabvēlīgākie apstākļi piena tauku lodīšu izvadīšanai no piena dziedzeru epitēlija alveolu dobumā.

Piena sintēzes procesi tiek regulēti neirāli un humorāli. Pētījumi, kas izdarīti I. Pavlova laboratorijā, parādīja, ka pēc tesmeņa eferento nervu pārgriešanas piena sekrēcija krasi samazinās. No

iekšējās sekrēcijas dziedzeriem piena sekrēcijas regulācijā vislielākā nozīme ir hipofīzei. Tā izstrādā hormonu prolaktīnu, kas stimulē piena sekrēcijas procesu. Svarīga nozīme piena sekrēcijas regulācijā ir arī vairogdziedzera un virsnieru hormoniem.

PIENA IZVADĪŠANA

Ja tesmeņa ceturksnī pa pupu kanālu ievada katetru, tad pa to sāk izdalīties piens. Šajā gadījumā piens izdalās no piena krātuves, un izdalītā piena daudzumu sauc par cisteinālo piena porciju. Lai dabūtu ārā pārējo pienu — alveolāro piena porciju, jāpanāk piena dziedzeru alveolu, piena eju un piena izvadkanālu saraušanās, kas notiek, kontrahējoties piena dziedzeru mioepitēlijam un tesmeņa gludajai muskulatūrai.

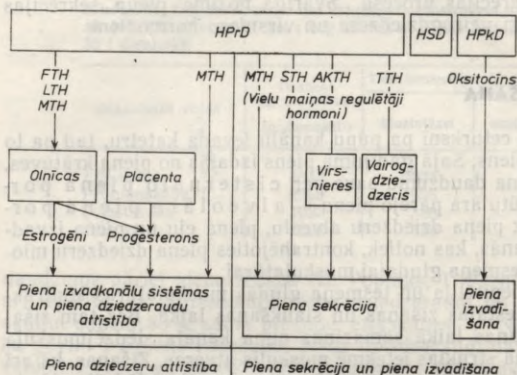
Alveolu mioepitēlija un tesmeņa gludās muskulatūras kontrakcijas vienmēr iestājas zišanas un slaukšanas laikā. Bez tam zišanas un slaukšanas laikā samazinās pupa kanāla slēdzējmuskuļa tonuss, un piena strūklas ietekmē muskulis atveras. Zišanas, kā arī mehānizētās slaukšanas gadījumā pupa kanāla slēdzējmuskuļa atvēršanos veicina vakuums, kas rodas zem tā.

Piena izvadīšanas process ir reflektorisks akts, kas saistīts arī ar nervu sistēmas augstāko darbību. Piena izvadīšanas refleksa ceļš sākas no tesmeņa receptoriem, iziet caur vairākiem neironiem un nonāk galvas smadzenēs, kuras pa eferentiem nerviem raida atbildes impulsus uz tesmeņa muskuļu elementiem. Eferentie nervi, kas regulē piena izvadīšanas procesu, izraisa alveolu mioepitēlija kontrakcijas un vienlaicīgi piena izvadkanālu un piena krātuves muskulatūras tonusa pāрмаiņas. (Piena izvadkanālu un piena krātuves muskulatūras tonuss slaukšanas laikā gan samazinās, gan palielinās.) Uzbudinājuma impulsus, kas slaukšanas un zišanas laikā rodas pupu un tesmeņa ādas receptoros, galvas smadzenes novada arī uz hipofīzi. Šo impulsu ietekmē hipofīzes pakalējā daiva izdala hormonu oksitocīnu (pitocīnu), kas, nonākot ar asinīm piena dziedzerā, izraisa ļoti spēcīgu alveolu mioepitēlija kontrakciju. Oksitocīna iedarbība uz piena izvadīšanas procesu sāk izpausties 30 ... 40 sekundes pēc tesmeņa receptoru kairināšanas sākuma un turpinās 7 ... 10 minūtes. Oksitocīnu sašķel ferments oksitocīnāze, kas atrodas piena dziedzerā. Uzskata, ka piena izvadīšanas procesā piedalās ne tikai oksitocīns, bet arī otrs hipofīzes pakalējās daivas hormons — vazopresīns.

Noskaidrots, ka piena izvadīšanas process visintensīvāk norisinās tad, kad pupu un tesmeņa ādas receptoru kairinājumu frekvence ir 100 ... 120 reizes minūtē.

Parasti pēc slaukšanas tesmenī paliek attiecīgs piena daudzums (govīm līdz 1 l un dažkārt pat vairāk). Tas ir atlikušais (reziduālais) piens. Atlikušais piens, kā zināms, satur līdz 12 ... 14% tauku, tādēļ tesmenis ir jāizslauc pēc iespējas pilnīgāk.

Piena dziedzeru attīstības un laktācijas hormonālās regulācijas shēma



Visa atlikušā piena izvadišanai var lietot pituitrīna (hipofīzes pakalējās daivas ekstrakta) injekcijas.

Tā kā oksitocīna darbība slaukšanas laikā ir samērā īslaicīga, tad slaukšana ir jāveic enerģiski un ātri, lai labāk izmantotu laiku, kurā alveolas atrodas kontrahētā stāvoklī.

Svarīga nozīme piena izvadišanas procesā ir tesmeņa masāžai, ko izdara pirms slaukšanas. Tesmeni masējot, panāk pilnīgāku piena izvadišanu un tajā pašā laikā piena, it īpaši piena tauku, sekrēcijas pastiprināšanos. Bez tam tesmeņa masāža veicina asinsriti un pastiprina piena dziedzeru augšanu un attīstību.

Līdzīgi kā visi citi organisma procesi, arī piena izvadišana ir cieši saistīta ar galvas smadzeņu garozas darbību. Padomju fiziologs I. Gračovs novērojis, ka narkozes laikā, kairinot tesmeņa receptorus, piena izvadišanas reflekss tomēr nenotiek.

Piena izvadišanas refleksu govīm var izraisīt dažādi nosacījuma reflektoriskie kairinātāji, piemēram, slaucējas parādīšanās, slaukšanas aparātu motora troksnis u. c. Savukārt dažādi nepareasti kairinātāji, piemēram, negaidīts, stiprs troksnis, svešu cilvēku parādīšanās un citi, var radīt piena izvadišanas refleksa kavējumu.

XIII. Iekšējās sekrēcijas dziedzeru funkcijas

Pie iekšējās sekrēcijas jeb endokrīnajiem dziedzeriem pieder 1) vairogdziedzeris (*glandula thyreoidea*), 2) epitēlijķermenīši (*glandulae parathyroideae*), 3) virsnieres (*glandulae suprarenales*), 4) aizkuņģa dziedzera šūnu grupas (Langerhansa saliņas), 5) hipofīze jeb smadzeņu piedēklis (*hypophysis cerebri*), 6) dzimumdziedzeri: sēklinieki (*testes*) un olnīcas (*ovaria*), 7) epifīze jeb čiekurveida dziedzeris (*corpus pineale*) un 8) tīmusa dziedzeris (*glandula thymus*). Bez tam grūsnības periodā kā iekšējās sekrēcijas dziedzeris funkcionē placentas šūnu grupas.

Iekšējās sekrēcijas dziedzeriem nav izvadkanālu, un to ražotie sekreti — hormoni nokļūst tieši asinīs, limfā vai smadzeņu šķidrumā.

Hormoniem ir ļoti liela nozīme organisma dzīvības procesu norisēs. Ar asinīm tie tiek iznēsāti pa visu organismu, regulējot organisma vielu un enerģijas maiņu, kā arī tā augšanu un attīstību. Bez tam hormoni ļoti stipri ietekmē asinsrites, gremošanas, urīna veidošanās, piena sekrēcijas un piena izvadišanas, dzimumvairošanās un daudzas citas organisma funkcijas.

Savukārt endokrīno dziedzeru funkcijas ir pakļautas nervu sistēmas darbībai: endokrīno dziedzeru darbības reflektoriskā regulācija notiek ar veģetatīvās nervu sistēmas starpniecību. Tādējādi realizējas neirohumorālā organisma funkciju regulācija.

Uz organisma morfoloģiskajiem un fizioloģiskajiem procesiem hormoni iedarbojas ļoti mazā daudzumā. Tā, piemēram, virsnieru serdes slāņa hormons adrenalīns sašaurina asinsvadus koncentrācijā $1:10^{-8}$. Hormonu darbība organismā ir stipri specifiska: tie iedarbojas tikai uz noteiktiem audiem un orgāniem.

Pēc ķīmiskās struktūras vairums hormonu, piemēram, hipofīzes, epitēlijķermenīšu un aizkuņģa dziedzera hormoni ir olbaltumvielu dabas savienojumi.

Daži hormoni (dzimumdziedzeru un virsnieru garozas hormoni) ir steroidas vielas. Pašreiz ir pazīstami vairāk nekā 70 dažādi hormoni un ļoti daudz hormoniem līdzīgu vielu.

Iekšējās sekrēcijas dziedzeru darbības pastiprināšanās (hiperfunkcija) vai pavājināšanās (hipofunkcija) izraisa specifiskas endokrīnās slimības.

Mācību par iekšējās sekrēcijas dziedzeru funkcijām sauc par endokrinoloģiju.

VAIROGDZIEDZERIS

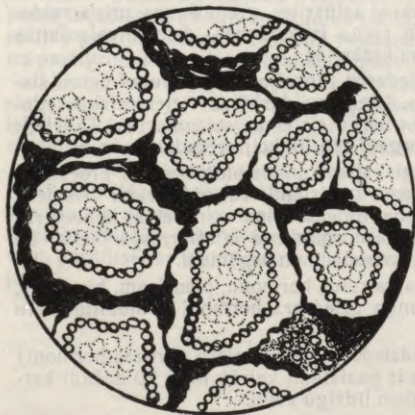
VAIROGDZIEDZERA UZBŪVE

Vairogdziedzeris atrodas trahejas sānos netālu no balsenes (pirmo 2...3 trahejas skrimšļu apvidū). Tam ir divas daivas, kas cūkām un atgremotājiem ir savienotas ar tiltiņu, bet gaļēdājiem un zirgiem ir atdalītas viena no otras.

Vairogdziedzeris sastāv no atsevišķiem mikroskopiskiem pūslīšiem — foliikulēm, kas izklāti ar vienkārtaino sekretoro epitēliju un pildīti ar īpašu pusšķidru vielu — koloīdu. Folikulu starpās atrodas saistaudi (45. att.).

Vairogdziedzeris ir bagātīgi apgādāts ar asinīm: caur vairogdziedzeri uz katru tā masas gramu izplūst vairāk nekā 3 ml asins minūtē. Vairogdziedzeri inervē sekretorās un vazomotorās nervu šķiedras, kas atiet no simpātiskās nervu sistēmas kranīālā kakla ganglija (*ganglion cervicale craniale*) un no klejotājnerva.

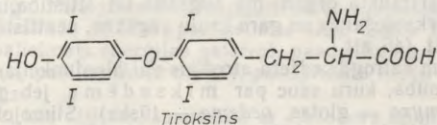
Govīm vairogdziedzeris sver 23...36 g, zirgiem — 20...35 g, cūkām — 12...30 g, aitām — 4...7 g (G. Azimovs).



45. att. Vairogdziedzera šķērsgriezums (pēc V. Nushaga).

VAIROGDZIEDZERA HORMONI

Vairogdziedzera folikulu koloīds satur olbaltumvielu tireoglobulīnu, kura sastāvā ietilpst jods (0,5 ... 1%). Hidrolizējot tireoglobulīnu, izdēvies iegūt tā bioloģiski aktīvo sastāvdaļu — hormonu tiroksīnu.



Vairogdziedzerī tiroksīns veidojas, noārdoties tireoglobulinam proteolītisko fermentu ietekmē. Pēc uzbūves tiroksīnam līdzīgs ir trijodtironīns. Trijodtironīns veidojas no tiroksīna (tiroksīnam zaudējot vienu joda atomu) un ir apmēram 5 reizes aktīvāks par to. Tiroksīns un trijodtironīns ir iegūti kristāliskā veidā.

Preparātu, kas pagatavots no izžāvētiem un attaukotiem vairogdziedzeriem, sauc par tiroīdīnu. Tas satur galvenokārt tiroksīnu un nelielā daudzumā trijodtironīnu.

Vairogdziedzera hormoni veidojas no aminoskābes tirozīna un joda. Pētījumos, kas tika izdarīti ar iezīmēto jodu (I^{131}), noskaidrojās, ka vairogdziedzeris to asimilē 80 reizes intensīvāk nekā pārējie orgāni un audi.

VAIROGDZIEDZERA FIZIOĻĢISKĀ NOZĪME

Vairogdziedzera hormoni stimulē olbaltumvielu, tauku, ogļhidrātu un minerālsāļu maiņu, paātrina organisma audu augšanu un diferenciāciju, pastiprina muskuļu kontrakcijas, hemopoēzes procesus un organisma izturību pret infekcijām, ietekmē centrālās nervu sistēmas, asinsrites, vairošanās un citas organisma funkcijas. Tiroksīns un trijodtironīns pastiprina pamatmaiņas intensitāti un skābekļa patēriņu, kā arī olbaltumvielu noārdīšanas procesus. Bez tam vairogdziedzera hormoni sekmē apaugļotās olšūnas implantāciju dzemdes gļotādā.

Uzskata, ka vairogdziedzera hormoni aktivizē svarīgākos organisma fermentus, it īpaši tos, kuri paātrina oksidācijas un redukcijas procesus (B. Goldšteins, B. Ginzburgs, E. Kollī). Tiroksīns aktivizē fermentu darbību, reducējot to molekulu disulfidgrupas ($-\text{S}-\text{S}-$) par sulhidrilgrupām ($-\text{SH}$).

Vairogdziedzera fizioloģiskā nozīme noskaidrota klīniskos vērojumos, kā arī eksperimentāli.

Pēc vairogdziedzera izoperēšanas (tiroīdektomijas) vai pēc tā atrofijas iestājas aptaukošanās vai arī t. s. tireoprīvā kacheksija (*cachexia thyreopriva*). Dzīvniekiem pavājinās pamatmaiņa (vidēji par 12 ... 35%), pazeminās ķermeņa temperatūra, parādās ādas un gļotādu trofiskie traucējumi, izkrīt mati, pavājinās

sirdsdarbība, samazinās asinsspiediens, iestājas mazasinība, dzīvnieki kļūst apātiski un gurdeni, tiek traucētas to kustības un izzūd nosacījuma refleksi. Sādi dzīvnieki parasti ātri nobeidzas no stipras novāļēšanas vai arī no infekcijas, kurai tie nespēj pretoties.

Ja vairogdziedzeri izoperē jauniem, augošiem dzīvniekiem, tad tiem tiek pārtraukta organisma augšana un attīstība, ir traucēta skrimšļu pārkaulošanās un garo kaulu augšana, neattīstās dzimumfunkcijas utt. (46. att.).

Cilvēkiem vairogdziedzera atrofijas vai hipofunkcijas gadījumā iestājas slimība, kuru sauc par miksedēmu jeb gļotu tūska (grieķiski *myxa* — gļotas, *oedema* — tūska). Slimojot ar miksedēmu, āda kļūst sausa, bāla, auksta un pietūkusi, zemādas saistaudos lielā daudzumā sakrājas gļotām līdzīgs šķidrums, izkrīt mati, pavājinās vielu maiņa, samazinās sirdsdarbības un elpošanas frekvence, izzūd dzimumfunkcijas, pavājinās centrālās nervu sistēmas, it īpaši galvas smadzeņu garozas darbība. Ja miksedēma iestājas bērniņā, tiek kavēta organisma fiziskā un garīgā attīstība (rodas kretinisms). Miksedēmas ārstēšanai lieto tiroksīnu, kas ievērojamā mērā atjauno normālās organisma funkcijas.

Vairogdziedzera hipofunkcija cilvēkiem un dzīvniekiem samērā bieži sastopama tajos apgabalos, kur dzeramā ūdenī un barībā nepietiek joda. Rezultātā izveidojas endēmiskais kakšlis, t. i., vairogdziedzeris krasī palielinās un izspiežas uz āru (attīstoties vairogdziedzera saistaudiem un atrofējoties tā funkcionālajiem audiem). Endēmiskā kakšļa profilaksei dzīvnieku barībai pievieno nelielās devās jodu, ko parasti izēdina ar nātrija hlorīdu.

Dzīvniekiem (āpsim, ezim, sikspārņim u. c.) ziemas guļas laikā novērojama fizioloģiskā vairogdziedzera hipofunkcija.

Vairogdziedzera hiperfunkcijas (hipertireozes) gadījumā organismā rodas vesela virkne simptomu, kas ir pretēji vairogdziedzera



46. att. Vairogdziedzera izoperēšanas sekas trušiem (pēc E. Lennarica). Pa kreisi normāls trušis, pa labi — truši ar izoperētu vairogdziedzeri.

hipofunkcijas simptomiem. Visspilgtāk vairogdziedzera hiperfunkcija izpaužas, slimojot ar Bazedova slimību. Šī slimība ir novērojama galvenokārt cilvēkiem, bet dažkārt ar to slimo arī liellelji mājdzīvnieki un suņi.

Raksturīgākie Bazedova slimības simptomi ir kākšlis, tahikardija (paaugstināta sirds kontrakciju frekvence), eksoftalmija (acs ābolu izspiešanās uz āru), pastiprināta vielmaiņa (par 50% un vairāk), palielināts enerģijas patēriņš, paaugstināta ķermeņa temperatūra (it īpaši muskuļu darbā), pastiprināta nervu sistēmas uzbudināmība.

Kākšlis, kas attīstās, saslimstot ar Bazedova slimību, atšķirībā no endēmiskā kākšļa 80% gadījumu izveidojas, pastiprināti augot vairogdziedzera folikulārajam epitēlijam. Paaugstinātās vielmaiņas un palēninātā enerģijas patēriņa rezultātā vairogdziedzera hiperfunkcijas gadījumā var iestāties organisma novājēšana.

Vairogdziedzera hiperfunkcija var izraisīt arī tireotoksikozi, kas ir līdzīga Bazedova slimībai. Izcilais krievu klinicists S. Botkins pagājušā gadsimtā noskaidrojis, ka tireotoksikozi cilvēkiem var radīt psihiskās traumas, piemēram, stipra pārbiedēšana.

Vairogdziedzera hiperfunkcijas ārstēšanai lieto sēru saturošas antitireoidās vielas (tiouracilu, 6-metiltiouracilu, tioguanidīnu u. c.). Šīs vielas, ievadītas organismā, kavē joda iekļaušanu tiroksīna sastāvā un līdz ar to pavājina vairogdziedzera hormonu biosintēzi. Ja vairogdziedzera hiperfunkcija ir ļoti stipri izteikta, izoperē daļu vairogdziedzera (dažreiz izoperē pat $\frac{2}{3}$ vairogdziedzera).

Grūsnības, kā arī laktācijas periodā organismā novērojama fizioloģiskā vairogdziedzera hiperfunkcija. Pastiprinātas vairogdziedzera funkcijas iestājas arī tad, ja pazeminās apkārtējās vides temperatūra. Šajā gadījumā pastiprinātas vairogdziedzera darbības rezultātā pastiprinās siltuma ražošana un paaugstinās ķermeņa temperatūra.

Vairogdziedzera funkciju regulācija. Vairogdziedzeri inervē simpātiskās un parasimpātiskās šķiedras: simpātisko nervu impulsi pastiprina vairogdziedzera funkcijas, bet parasimpātiskie nervi tās pavājina.

Centrālā nervu sistēma vairogdziedzera funkcijas regulē arī caur hipofīzi: nervu impulsi ietekmē hipofīzes priekšējā daiva izdala tireotropo hormonu (TTH), kas veicina tireoglobulīna pārvēršanu tiroksīnā un tiroksīna pāriešanu asinīs.

Liela jonizējošā apstarojuma deva vairogdziedzera funkcijas sākumā pastiprina, bet vēlāk tās stipri pavājina.

EPITĒLIJĶERMENĪŠI

Epitēlijķermeniši ir nelieli (vidēji $6 \times 3,5$ mm) ovāli vai apaļi veidojumi, kas atrodas vairogdziedzera kapsulā vai arī pašā vairogdziedzerī (vairogdziedzera parenhīmā). Atgremotājiem un zirgiem

atsevišķi epitēlijķermenīši var atrasties arī ārpus vairogdziedzera, piemēram, timusa dziedzera audos. Pēc ārējā izskata epitēlijķermenīši atgādina limfmezglus, vienīgi to virsma ir klāta ar asinsvadu kapilāru tiklu.

Epitēlijķermenīšiem ir raksturīga uzbūve: tie sastāv no daudzstūrainām, cieši piegulošām epitēlijšūnām (no tā arī radies epitēlijķermenīšu nosaukums). No āruses epitēlijķermenīšus sedz ļoti plāns fibrozs apvalks.

Zīdītāju dzīvnieku vairumam ir četri epitēlijķermenīši: pa diviem uz katras vairogdziedzera daivas. Dažreiz epitēlijķermenīšu skaits var būt 7 vai 8.

Epitēlijķermenīšus inervē atgriezeniskā balsenes nerva (*n. laryngeus recurrens*) un simpātiskā nerva šķiedras.

EPITĒLIJĶERMENĪŠU IZOPERĒŠANAS SEKAS

Pirmajos tireoidektomijas (vairogdziedzera izoperēšanas) eksperimentos, kad vēl nezināja epitēlijķermenīšu fizioloģisko nozīmi, līdz ar vairogdziedzeri tika izoperēti arī epitēlijķermenīši. Pēc šādas operācijas radās stipri krampji, kuru rezultātā iestājās nāve.

Vēlāk noskaidroja, ka krampju jeb tetānijas iestāšanās pēc tireoidektomijas ir saistīta ar epitēlijķermenīšu izoperēšanu. Tā, piemēram, suņiem jau 24. ... 36. stundā pēc visu epitēlijķermenīšu izoperēšanas novērojama skeleta muskuļu fibrilāra raustišanās. Drīz pēc tam iestājas atsevišķu muskuļu grupu un vēlāk arī visa ķermeņa muskulatūras tetāniskas kontrakcijas, ko pavada paātrināta sirdsdarbība, ātra un sekla elpošana, paaugstināta ķermeņa temperatūra, stipra siekalošanās un dažkārt arī vemšana. Slimais dzīvnieks nevar nostāvēt, pakrīt un guļ ar krampjaini sarautām kājām un atmetu galvu. Krampju lēkmes turpinās no 2 ... 3 minūtēm līdz pusstundai un atkārtojas pēc dažādiem starplaikiem. Vienā no šādām krampju lēkmēm dzīvnieks parasti nobeidzas 4. ... 15. dienā pēc epitēlijķermenīšu izoperēšanas, jo iestājas elpošanas vai arī sirds muskulatūras paralīze.

Apskatīto klinisko ainu, kas iestājas pēc visu epitēlijķermenīšu izoperēšanas, sauc par akūto paratireoprīvo tetāniju.

Ja dzīvniekam izgriež tikai kādu daļu no epitēlijķermenīšiem (piemēram, ekstirpē tikai trīs epitēlijķermenīšus), tad tetānijas simptomi nav tik krasi izteikti — attīstās hroniskā paratireoprīvā tetānija. Šajā gadījumā vairāk izpaužas dažādi trofiski traucējumi — novājēšana, matu un zobu izkrišana, asiņojumi kuņģa un divpadsmitpirkstu zarnas gļotādā, strutojošs konjunktivīts un citas parādības. Jauniem dzīvniekiem tiek traucēti kaulu pārkaulošanās procesi.

Paratireoprīvo tetāniju var izraisīt arī epitēlijķermenīšu ievainojumi, dažas infekcijas slimības, kā arī saindēšanās ar fosforu un svīnu.

Krampju cēlonis pēc epitēlijķermenīšu izoperēšanas ir paaugstināta visas nervu un muskuļu sistēmas, it īpaši galvas smadzeņu garozas un zemgarozas centru uzbudināmība. Savukārt nervu un muskuļu sistēmas paaugstinātas uzbudināmības cēlonis ir fosfora un it sevišķi kalcija maiņas traucējumi. Sunim pēc epitēlijķermenīšu izoperēšanas fosfora daudzums 100 g asins pieaug no 5 mg līdz 9 mg, bet kalcija saturs tajā pašā laikā samazinās no 9 ... 12 mg līdz 5 ... 7 mg. (Ca^{2+} joni, kā zināms, nosaka normālus kavējuma procesus nervu un muskuļu elementos, samazinot ar to nervu un muskuļšūnu uzbudināmību.)

Ja krampju lēkmes laikā asinīs ievada kalciju, krampji pāriet; taču pēc neilga laika kalcija līmenis asinīs no jauna pazeminās un krampji atjaunojas. Izēdinot paratireoprīvam sunim, t. i., sunim, kam izoperēti epitēlijķermenīši, gaļu, krampju simptomi ir stiprāk izteikti, nekā izēdinot pienu. Gaļa, kā zināms, satur relatīvi maz kalcija, turpretī pienā kalcija ir vairāk. Bez tam pēc gaļas izēdināšanas paratireoprīvam dzīvniekam var iestāties saindēšanās ar olbaltumvielu maiņas produktiem, jo pēc epitēlijķermenīšu izoperēšanas ir stipri traucēti aminoskābju dezaminēšanās un urīnvielas sintēzes procesi.

Pēc epitēlijķermenīšu daļējas ekstirpācijas palikušie epitēlijķermenīši sāk pastiprināti funkcionēt. To šūnas palielinās (iestājas šūnu hipertrofija), kā arī pieaug funkcionējošo šūnu skaits (notiek šūnu hiperplāzija). Rezultātā kalcija saturs asinīs var nonākt līdz normai, un līdz ar to izzūd tetānijas simptomi.

Epitēlijķermenīšu šūnu hipertrofija un hiperplāzija novērojama arī grūsnības un laktācijas periodā, kā arī dažu slimību (piemēram, rahīta) gadījumā.

EPITĒLIJĶERMENĪŠU HORMONS UN TĀ DARBĪBAS MEHĀNISMS

Epitēlijķermenīši ražo hormonu paratireoidīnu (paratireokrīnu, parathormonu), kas ir olbaltumviela (albumoze) ar ļoti lielu molekulu masu (650 000). Savā molekulā tas satur slāpekli (12,6 ... 15,5%), dzelzi un sēru. Paratireoidīns iztur karsēšanu līdz 100 °C, bet ātri noārdās proteolītisko fermentu ietekmē, tādēļ, ievadīts gremošanas traktā, tas ir neefektīvs. Organismā to parasti ievada subkutāni vai intravenozi.

Paratireoidīns regulē kalcija un fosfora maiņu. Tas pazemina fosfātu saturu asinīs, pastiprinot to izvadišanu ar urīnu. Samazina fosfātu koncentrācijai asinīs, tiek mobilizēts kaulu kalcījs un fosfors. Tādējādi normālā kalcija koncentrācija asinīs ir atkarīga no pastiprinātas fosfora izvadišanas ar urīnu. Bez tam paratireoidīns pastiprina ūdens pārpalikuma izdalīšanu no organisma ar urīnu, paaugstinot tādējādi kalcija koncentrāciju asinīs un audos.

Ja dzīvniekam, kuram ir izoperēti epitēlijķermenīši, sistemātiski ievada paratireoidīnu, tad tas ir pilnīgi vesels un nodzīvo daudzus gadus.

Pastiprinoties epitēlijķermenīšu funkcijām, kā arī tad, ja normāla dzīvnieka organismā ievada lielākā devā paratireoidīnu, asinīs manāmi paaugstinās kalcija saturs (15 ... 20 mg/100 g un vairāk). Kalcijs sāk nogulsnēties iekšējos orgānos, piemēram, nierēs, veidojot tur akmeņus. Savukārt kauli, zaudējot pārāk daudz kalcija (asinīs kalcijs pāriet no kauliem), kļūst mīksti un sāk izliekties. Iestājas intoksikācija, vemšana, caureja, sirdsdarbības un elpošanas traucējumi, samazinās nervu sistēmas uzbudināmība, dzīvnieks kļūst apātisks un bieži vien nobeidzas.

Epitēlijķermenīšu funkciju regulācija. Galvenais paratireoidīna veidošanas un izdalīšanas regulators ir kalcija līmenis asinīs: kalcija koncentrācijas pieaugums asinīs kavē epitēlijķermenīšu funkcijas, bet tā satura samazināšanās epitēlijķermenīšu darbību pastiprina. Epitēlijķermenīšu funkciju pastiprināšanās parasti iestājas, ilgstoši uzņemot barību, kurā ir nepietiekams daudzums kalcija.

Epitēlijķermenīšu funkcijas regulē arī hipofīzes priekšējās daivas paratireotropais hormons. Pēc hipofīzes ekstirpācijas epitēlijķermenīši atrofējas.

VIRSNIERES

Virsnieres ir divi nelieli pupai līdzīgi dziedzeri, kas atrodas blakus nierēm (parasti uz nieru priekšējiem galiem). Tauku kapsula (*capsula adiposa*) un asinsvadi virsnieres saista ar nierēm. Govīm katra virsniere sver 10 ... 27 g, aītām — 2,5 ... 3,7 g un cūkām — vidēji 4,5 g.

Virsnieres sastāv no diviem slāņiem: biezākā ārējā — garozas un plānākā iekšējā — serdes slāņa. Abu virsnieru slāņu izcelšanās, uzbūve un funkcijas krasi atšķiras. Dzeltenais, ar lipoīdiem bagātais garozas slānis veidojas no mezodermas, bet brūngani pelēkais irdenais serdes slānis attīstās no ektodermas, no tādiem pašiem elementiem (šūnām) kā simpātiskā nervu sistēma.

Virsnieru serdes slāņa audi krāsojas ar hromskābes sāļiem, tādēļ tos sauc par hromafīniem jeb hromofiliem. Virsnieru garozas slāņa audus sauc par interrenāliem.

Bez virsnierēm, kas sastāv no hromafīniem un interrenāliem audiem, dažkārt sastopami nelieli virsnieru papildu ķermenīši, kuri veidoti tikai no viena veida audiem: no hromafīniem (paragangliji) vai arī tikai no interrenāliem, pie tam pirmie parasti atrodas blakus simpātiskiem ganglijiem, bet otrie — ap nierēm vai ap dzimumdziedzeriem. Atsevišķos gadījumos sastopamas arī papildu virsnieres, kas sastāv kā no hromafīniem, tā arī no interrenāliem audiem. Zīdītājiem dzīvniekiem virsnieru garozas papildu audu daudzums ir samērā niecīgs.

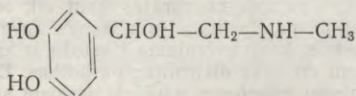
Pēc abu virsnieru izoperēšanas — adrenālektomijas — eksperimentāliem dzīvniekiem izzūd ēstgriba, pazeminās ķermeņa

temperatūra un asinsspiediens, iestājas aizdusa, hipoglikēmija, muskuļu vājums, paralīzes un dzīvnieki nobeidzas (suņi un jūras cūciņas — pēc 4 ... 7 dienām, bet baloži — jau pēc dažām stundām).

Dzīvības uzturēšanai visnepieciešamākā ir virsnieru garoza, pēc kuras izoperēšanas vienmēr iestājas nāve. Turpretī abu virsnieru serdes slāņu izoperēšana parasti neizraisa jūtamus organisma funkciju traucējumus. Tas daļēji izskaidrojams ar papildu hromafino audu pietiekamo daudzumu organismā.

VIRSNIERU SERDES FUNKCIJAS

Virsnieru serdes slānis ražo hormonu **adrenālīnu** (epinefrīnu, suprarenīnu), kas pēc ķīmiskās uzbūves ir dioksifeniletanolmetilamīns.



Adrenalīns

Adrenalīns ir pirmais hormons, kas iegūts tīrā veidā un sintezēts.

Tīrā veidā adrenalīns ir smalki kristālisks pulveris ar rūgtu garšu. Tā šķīdumam ūdenī ir bāziska reakcija. Virsnierēs adrenalīns veidojas no aminoskābes tirozīna. Līdztekus adrenalīnam hromafīnie audi producē arī **noradrenālīnu** jeb **arterenolu** (dioksifeniletanolamīnu), kas darbojas līdzīgi adrenalīnam. (Atsevišķas organisma funkcijas, piemēram, asinsriti, noradrenalīns ietekmē ievērojami stiprāk nekā adrenalīns.) Adrenalīns, kā arī noradrenalīns virsnieru serdes slānī, asinīs un citos audos atrodas kā brīvā veidā, tā arī kompleksos savienojumos ar olbaltumvielām.

Adrenalīna darbības efekts ir līdzīgs simpātiskās nervu sistēmas darbībai. Ievadot adrenalīnu asinīs, pastiprinās sirdsdarbība un sašaurinās perifērie asinsvadi, tādēļ paaugstinās asinsspiediens. Sevišķi stipri adrenalīns sašaurina nieru un dzemdes asinsvadus. Turpretī sirds, plaušu un smadzeņu asinsvadus adrenalīns nedaudz paplašina. Bez tam adrenalīna ietekmē atslābst zarnu, žultspūšļa, bronhu un urīnpūšļa muskulatūra. Savukārt kuņģa vērtņieka un urīnpūšļa slēdzējmuskuļus, kā arī žultsvadu un liesas gludo muskulatūru adrenalīns uzbudina.

Adrenalīns pastiprina oksidācijas procesu intensitāti un gāzu maiņu, kā arī paaugstina ķermeņa temperatūru. Ļoti stipri adrenalīns iedarbojas uz ogļhidrātu maiņu organismā. Tā ietekmē pastiprinās glikogēnozes procesi (glikogēna pārvēršanās glikozē) un attīstās hiperglikēmija un glikozūrija. Bez tam adrenalīns stimulē

olbaltumvielu, tauku un minerālsāļu maiņu, samazina eozinofilo leukocītu daudzumu asinīs, paplašina acu zīlītes un pastiprina asaru dziedzeru sekrēciju. Adrenalīns ietekmē arī centrālās nervu sistēmas darbību: tas paaugstina veģetatīvo nervu centru (vazomotorā, sirdsdarbības regulācijas, sviedru atdalīšanās, termoregulācijas un citu centru) funkcijas. Sakarā ar elpošanas centra tonusa paaugstināšanos, kas iestājas adrenalīna ietekmē, elpošana kļūst biežāka un dziļāka. Optimālā devā adrenalīns paaugstina galvas smadzeņu garozas šūnu tonusu, veicinot ar to organisma nosacījuma reflektorisko darbību (M. Petrova).

Adrenalīns ir stipri iedarbīga viela. Organisma funkcijas tas ietekmē ļoti niecīgā koncentrācijā (0,0001 ... 0,00001 mg uz 1 kg dzīvmasas). Organisma miera stāvoklī 100 g asins satur 0,015 mg adrenalīna. Adrenalīns asinīs pāriet nepārtraukti, nelielām porcijām. Asinīs nokļuvušo adrenalīnu ļoti ātri sašķel ferments aminooksidāze, tādēļ tā darbība ir īslaicīga (2...3 minūtes), un organismā tas parasti neuzkrājas kaut cik ievērojamā daudzumā. Adrenalīna pastiprināta izdalīšanās un paaugstināta tā koncentrācija asinīs, kas novērojama ilgstošu laiku, izraisa organisma novājēšanu un citas distrofijas parādības. Lielā devā adrenalīns uz organismu iedarbojas nāvējoši, izraisot sirds vai elpošanas muskuļu paralīzi.

Daži savienojumi, piemēram, benzola, monooksibenzola un dioksibenzola derivāti organismā darbojas līdzīgi adrenalīnam. Šīs vielas sauc par adrenomimetiskiem savienojumiem. Savukārt dažas citas vielas, piemēram, alkaloids johimbīns, kā arī imidazolīna un benzodioksīna derivāti darbojas kā adrenalīna antagonistī, t. i., paralizē tā darbību. Tie ir adrenolītiskie savienojumi.

Adrenalīnu plaši lieto veterinārajā praksē, piemēram, asiņošanas apturēšanai (it īpaši, ja asiņo deguna dobuma gļotādā, kuņģis, dzemde), sirdsdarbības pastiprināšanai utt.

Adrenalīnu standartizē (nosaka tā aktivitāti) ķīmiski un bioloģiski.

VIRSNIERU GAROZAS FUNKCIJAS

Virsnieru garoza ražo vairāk nekā 30 hormonu. Visi virsnieru garozas hormoni ir steroidi savienojumi, tādēļ tos apzīmē par kortikosteroīdiem jeb kortikoīdiem. Pēc uzbūves kortikoīdi ir ciklopentanoperhidrofenantrēna derivāti; tie radniecīgi dzimumhormoniem.

Svarīgākos virsnieru garozas hormonus var sadalīt trijās grupās. Pirmās grupas hormoni ir minerālkortikoīdi, kas regulē minerālvielu (galvenokārt nātrija un kālija), kā arī ūdens maiņu organismā. Pie minerālkortikoīdiem pieder dezoksikortikosterons, 17-hidroksi-11-dezoksikortikosterons un aldosterons. Otrās grupas

hormoni regulē olbaltumvielu un tauku maiņu. Tie ir glikokortikoidi: kortizons, 17-oksikortikosterons, kortikosterons un 11-dehidrokortikosterons. Trešās grupas hormoni ir vīrišķā dzimumhormona adrenosterona derivāti; tie ietekmē dzimumfunkcijas. Pie šīs hormonu grupas pieder estrons, androsterondions un daži citi hormoni.

Pēc virsnieru garozas ekstirpācijas tiek traucētas nieru funkcijas: nieru kanāliņos pastiprinās kālija un samazinās nātrija reabsorbija, tādēļ nātrija hlorīds pastiprināti izdalās no organisma un līdz ar to asins plazmā ir traucētas normālas attiecības starp kālija un nātrija joniem. Kālija un nātrija normālās bilances traucējumu rezultātā iestājas gremošanas trakta darbības, asinsrites un termoregulācijas traucējumi: pavājinās oghidrātu un tauku uzsūkšanās, iestājas vemšana un caureja, pavājinās sirdsdarbība, pazeminās asinsspiediens un ķermeņa temperatūra. Adrenālektomētiem dzīvniekiem iestājas arī hipoglikēmija, progresējoša muskuļu adināmija (muskuļu nespēks) un stipra novāļošana. Bez tam pavājinās diurēze, asinis pieaug olbaltumvielu maiņas galaproduktu, piemēram, urīnvielas koncentrācija, attīstās acidoze, stipri pavājinās organisma reflektoriskā darbība un pazeminās tā pretestības spēja infekcijām.

Visas šīs patoloģiskās pārmaiņas, kas iestājas pēc virsnieru garozas slāņa izoperēšanas, strauji progresē, dzīvnieks stipri novāļē un nobeidzas sirds paralīzes rezultātā.

Nāves iestāšanās, kā arī minētos funkciju traucējumus var novērst, ievadot adrenālektomētā dzīvnieka organismā virsnieru garozas preparātus. Jāatzīmē arī tas, ka adrenālektomētie dzīvnieki var nodzīvot ilgu laiku, ja tiem izēdina barību, kurā ir augsts nātrija un zems kālija sāļu saturs. Šajā gadījumā adrenālektomētiem dzīvniekiem neiestājas arī jūtami gremošanas, vielu maiņas, asinsrites un termoregulācijas traucējumi.

Virsnieru garozas hipofunkcijas gadījumā novērojamas līdzīgas patoloģiskās pārmaiņas kā pēc adrenālektomijas; tās tikai attīstās lēnāk (hroniskā forma).

Cilvēkiem virsnieru garozas hipofunkcija izpaužas bronzas jeb Adisona slimības (*morbus Addisoni*) veidā. Saslimstot ar to, āda iegūst bronzas krāsu, cilvēkam samazinās vai zūd ēstgriba, rodas muskuļu nespēks, apātija, iestājas vemšana un caureja. Slimnieks stipri novāļē, ķermeņa temperatūra ir pazemināta, novērojama hipotonija, biežs pulss, hipoglikēmija, muskuļu un iekšējo orgānu atrofija. Adisona slimības beigu stadijā attīstās krampju lēkmes, zūd samaņa, un, ja slimnieks netiek ārstēts, iestājas nāve. Adisona slimības visbiežākais cēlonis ir abpusēja virsnieru tuberkuloze.

Virsnieru garozas hormonus, it īpaši kortizonu, plaši lieto medicīnā un veterinārijā dažādu hronisko ādas slimību, akūtā reimatisma, infekciozā poliartrīta, akūtās leikozes un citu slimību ārstēšanā. Atgremotājiem kortizonu lieto acetonēmijas ārstēšanai.

Virsnieru funkciju regulācijā svarīga nozīme ir nervu sistēmai. Kairinot mazā iekšu nerva (*n. splanchnicus minor*) šķiedras, kas inervē virsnieru serdes slāni, pastiprinās adrenalīna izdalīšanās. Virsnieru serdes hormonu izdalīšanos stipri ietekmē galvas smadzenes. Sāpju kairinājumi un dažas emocijas (dusmas, bailes u. c.) izraisa adrenalīna pastiprinātu pāriešanu asinīs (A. Kennons). Tādēļ arī kļūst saprotamas tās pārmaiņas organismā, kas iestājas sāpju vai arī emociju gadījumā: pastiprināta sirds darbība, paaugstināts asinsspiediens, glikozes koncentrācijas pieaugums asinīs, acu zīlīšu paplašināšanās utt. Virsnieru serdes hormonu reflektārisko izdalīšanos izraisa arī muskuļu receptoru uzbudinājums (muskuļu kontrakcijas). Rezultātā tiek mobilizēts aknu glikogēns un pastiprinās glikozes piegāde muskuļiem.

Nervu centrs, kas regulē adrenalīna izdalīšanos, atrodas iega-renajās smadzenēs, ceturtā smadzeņu ventrikula dibenā; dūriens šajā smadzeņu vietā izraisa adrenalīna pastiprinātu sekrēciju.

Vielas, piemēram, nikotīns, kas noteiktā devā iedarbojas uz simpātisko nervu sistēmu, pastiprina adrenalīna izdalīšanos asinīs. Viens no adrenalīna sekrēcijas uzbudinātājiem ir arī pats adrenalīns, jo tas uzbudina simpātisko nervu sistēmu un to skaitā arī iekšu nervu, kas ir virsnieru sekretorais nervs.

Svarīga nozīme virsnieru funkciju regulācijā ir hipofīzes hormoniem. Tā hipofīzes pakalējās daivas hormoni stimulē virsnieru serdes slāņa funkcijas, bet hipofīzes priekšējās daivas adrenokortikotropais hormons, pastiprina virsnieru garozas darbību, veicinot virsnieru garozas hormonu ražošanu un izdalīšanu asinīs.

Normālos apstākļos virsnieru garoza asinīs izdala noteiktu hormonu daudzumu (cilvēkam apmēram 5 mg diennaktī). Dažādos organisma patoloģiskajos stāvokļos, piemēram, infekcijas slimību, intoksikāciju, hipertermijas, stipras atdzišanas, hipoksijas, kā arī grūsnības, emocionālo pārdzīvojumu un citos gadījumos, kas izraisa organisma sasprindzinājumu, pastiprināti izdalās hipofīzes adrenokortikotropais un virsnieru kortikoīdie hormoni. Tā kā šie hormoni pastiprina orgānu darbību un paaugstina organisma pretošanās spējas nelabvēlīgo faktoru ietekmē, tad tos sauc par adaptācijas hormoniem. Bet, ja šo nelabvēlīgo faktoru iedarbība uz organismu ir ilgstoša, tad adaptācijas hormoni, uzkrājoties organismā lielākā daudzumā, var veicināt dažu patoloģisku parādību rašanos vai arī pat ierosināt atsevišķus patoloģiskus procesus: limfoido audu involūciju, sirds darbības un asinsrites traucējumus, nieru audu bojājumus, locītavu iekaisumu un citus procesus (G. Seljē).

AIZKUŅĢA DZIEDZERA IEKŠĒJĀ SEKRĒCIJA

AIZKUŅĢA DZIEDZERA IEKŠĒJĀS SEKRĒCIJAS FIZIOLOĢISKĀ NOZĪME

Aizkuņģa dziedzeris ir ārējās un iekšējās sekrēcijas orgāns ar divējāda veida šūnām: vienas šūnas izstrādā gremošanas fermentus, kas aizkuņģa dziedzera sulas sastāvā nonāk divpadsmitpirkstu zarnā, bet otras — Langerhansa saliņu šūnas ražo hormonus, kas ieplūst asinīs.

Langerhansa saliņas ir lodveida, un to lielums — 20 ... 400 μm . Aizkuņģa dziedzerī ir apmēram 2 miljoni šādu saliņu. To audu kopējais daudzums aptuveni ir 1 ... 3% no aizkuņģa dziedzera masas. Aizkuņģa dziedzera griezumā Langerhansa saliņas var sadzēt ar neapbruņotu aci; tās atgādina mazus, bālganus punktņus.

Katru Langerhansa saliņu aptver biezs asinsvadu kapilāru un limfvadu tīkls, kas caurauž arī visas saliņas šūnas. Saliņas inervē klejtājņnerva šķiedras, kas nāk no saules pinuma (*plexus solaris*). Mikroskopiski Langerhansa saliņās var izšķirt divējāda tipa šūnas: α un β šūnas.

Pēc aizkuņģa dziedzera izoperēšanas vai arī tā hipofunkcijas gadījumā attīstās cukurslimība (*diabetes mellitus*). Sunim, kam ekstirpēts aizkuņģa dziedzeris, strauji pavājinās ogļhidrātu izmantošana organisma audos un jau 4. ... 5. stundā pēc operācijas iestājas hiperglikēmija un glikozūrija. Sākumā urīnā ir apmēram 1%, bet pēc 2 ... 3 dienām 10 ... 15% un vairāk cukura. Aknās un muskuļos strauji samazinās glikogēna saturs. Dzīvniekam rodas stipras slāpes (polidipsija) un neapmierināma ēstgriba (bulīmija), bet, neraugoties uz liela barbības daudzuma uzņemšanu, tas stipri novājē. Novājēšanu izraisa tas, ka ogļhidrātu nepietiekamās oksidācijas dēļ organisms pastiprināti izmanto taukus, bet pēc tam organisma enerģijas zaudējuma segšanai arī olbaltumvielu krājumus. Cukurslimības gadījumā tauku un olbaltumvielu oksidācija organismā ir nepilnīga, tādēļ asinīs uzkrājas šo vielu skābie skald produkti (acetons, acetilskābe, β -oksisviestskābe), izraisot acidozi un līdz ar to kompensatorisko aizdusu (kompensatorisko dispnoju jeb hiperpnoju). Olbaltumvielu maiņas traucējumu rezultātā slāpekļa bilance organismā kļūst negatīva un urīnā, kas izdalās lielā daudzumā (poliūrija), parādās arī aminoskābes un amonjaks. Nopietnas pārmaiņas rodas asinsrites sistēmā: asinsvadu sienās nogulsņējas holesterīns, kas sašaurina asinsvadu lūmenus un līdz ar to izraisa trofiskas traucējumus audos, kuriem šie asinsvadi piegādā asinis. Progresējoša acidoze pēc 4 ... 5 nedēļām izraisa diabētisko komu (samaņas zudumu, krasu sirdsdarbības pavājināšanos, asinsspiediena pazemināšanos) un nāvi. Patoloģiskās parādības, kas attīstās dzīvniekiem pēc aizkuņģa dziedzera izoperēšanas, atgādina cilvēku diabēta smagās formas simptomus.

Kanādiešu zinātnieki Bantings un Bests 1922. gadā no Langerhansa saliņam ieguva aktīvu preparātu — insulīnu, (latīniski *insula* — saliņa). 1926. gadā I. Abels insulīnu ieguva kristāliskā veidā. Tagad insulīnu ražo farmaceitiskajās rūpniecās no cūku un govju aizkuņģa dziedzeriem.

Pēc uzbūves insulīns ir olbaltumviela, kuras molekulmasa — 12000. Insulīna molekulā ietilpst 12% cistīna, 12% tirozīna, 30% leicīna un visas pārējās aminoskābes (izņemot metionīnu un triptofānu), kā arī cinks. Insulīna molekula sastāv no 4 polipeptīdiem, kas savienoti savā starpā ar disulfīdgrupām.

Insulīns veidojas Langerhansa saliņu šūnās. Ja dzīvnieka organismā eksperimentālā nolūkā ievada alloksānu, ditizonu un dažas citas vielas, kas sagrauj Langerhansa saliņu β šūnas, dzīvniekiem iestājas cukurslimība.

Cukurslimības ārstēšanai subkutāni ievada sālsskābe insulīnu. Ievadīts gremošanas traktā, insulīns proteolītisko fermentu ietekmē ļoti ātri sašķeļas. Audos insulīnu sašķeļ ferments *insulināze*. Pēdējā laikā cukurslimības ārstēšanai ar labiem panākumiem lieto biokompleksu protamīna-cinka insulīnu, kas organismā ir izturīgāks par insulīnu, tādēļ tā darbība ir ilgstošāka.

Galvenā insulīna fizioloģiskā nozīme ir tā, ka tas veicina glikozes izmantošanu audos un vispār pastiprina asimilācijas procesus organismā. Ievadīts organismā, insulīns samazina glikozes koncentrāciju asinīs, sekmējot tās pāriešanu glikogēnā un taukos. Tādējādi ogļhidrātu intermediārās maiņas procesos insulīns darbojas pretēji adrenalīnam.

Ja organismā lielās devās ievada insulīnu, tad iestājas hipoglikēmija. Sunim un trusim krasi izteiktas hipoglikēmijas gadījumā, kad glikozes koncentrācija asinīs kļūst zemāka par 40 mg/100 g, iestājas muskuļu krampji un asfiksija (hipoglikēmiskais šoks). Šie hipoglikēmijas simptomi izzūd dažu minūšu laikā, ja asinīs (intravenozi) ievada glikozi. Glikozes satura samazināšanās asinīs līdz 75 mg/100 g cilvēkam izraisa nogurumu un izsalkuma sajūtu.

Insulīna pastiprināta ražošana organismā (Langerhansa saliņu hiperfunkcija) parasti novērojama aizkuņģa dziedzera audzēja gadījumā. Organisma stāvokli, kad tajā ir paaugstināts insulīna saturs, apzīmē par hiperinsulīnismu. Hiperinsulīnisms var izraisīt stipru organisma aptaukošanos.

Langerhansa saliņu α šūnās veidojas otrs aizkuņģa dziedzera hormons *glukagons*, kas stimulē glikogēna sairšanu, t. i., glikogenolīzi, un līdz ar to paaugstina glikozes koncentrāciju asinīs. Uzskata, ka šis hormons aktivizē aknu fosforilāzes un tādējādi pastiprina glikozo-1-fosfāta veidošanos. Pēc uzbūves glikagons ir polipeptīds (tā molekulmasa — 4200).

Trešais aizkuņģa dziedzera hormons *lipokaīns* veidojas aizkuņģa dziedzera sīko izvadkanālu epitēlijā. Šis hormons akti-

vizē taukskābju oksidāciju un stimulē fosfolipīdu maiņu, pasargājot ar to aknas no taukainās deģenerācijas.

Pēdējā laikā no aizkuņģa dziedzera audiem ir izdalīti hormoni centropenīns, kas stimulē elpošanas centra funkcijas, un vago-tonīns, kas paaugstina klejotājnerva tonusu.

Aizkuņģa dziedzera inkretorās darbības regulācija. Galvenais faktors, kas regulē insulīna izdalīšanos, ir glikozes koncentrācija asinīs: hiperglikēmija stimulē, bet hipoglikēmija kavē insulīna izdalīšanos.

Aizkuņģa dziedzera inkretoro darbību regulē arī hipofīzes priekšdaivas pankreotropais hormons.

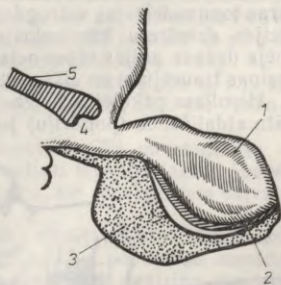
HIPOFĪZE

Hipofīze jeb apakšējais smadzeņu piedēklis ir olveidīgs ķermenis, kas atrodas smadzeņu pamatā (turku seglu bedritē). Ar īsu un tievu stumbru jeb kājiņu hipofīze ir saistīta ar III smadzeņu ventrikula dibenu (pelēkā paugura apvidū).

Govij hipofīze sver 3,8 g, zirgam — 2,1 g, aitai — 0,4 g, cūkai — 0,3 g, lapsai — 50 mg (G. Azimovs).

Hipofīze sastāv no trim daivām: priekšējās daivas (HPrD) jeb adenohipofīzes, starpdaivas (HSD) un pakalējās daivas (HPkD) jeb neurohipofīzes (47. att.). Priekšējā daiva attīstījusies no rīkles epiteliālās sienas izspilējuma, tā ir lielāka par abām pārējām hipofīzes daivām, bagātīgi apgādāta ar asinsvadiem un sastāv no hromofobām (slīkti nokrāsojamām) un hromofilām (labi nokrāsojamām) šūnām. Hromofilās šūnas savukārt iedalāmas šūnās, kas krāsojas ar skābām krāsvielām (acidofilās), un šūnās, kas krāsojas ar bāziskām krāsvielām (bazofilās). Uzskata, ka visas šīs šūnas izdala dažādus hormonus. Hipofīzes pakalējā daiva veidojas no centrālās nervu sistēmas glioziem audiem. Starpdaiva, kas ir cieši saaugusi ar pakalējo daivu, pēc uzbūves ir līdzīga adenohipofīzei.

Hipofīzi, it īpaši tās starpdaivu un pakalējo daivu, bagātīgi inervē simpātiskās nervu šķiedras, kas atiet no miega artērijas (*a. carotis interna*) pinuma un no galvas smadzeņu zempauguru (*hypothalamus*) apvidus — no *ganglion parahypophysaeus*, *nucleus supraopticus* un no dažiem citiem nervu mezgliem.



47. att. Hipofīzes sagitālā griezumā shēma:

1 — priekšējā daiva, 2 — starpdaiva, 3 — pakalējā daiva, 4 — smadzeņu pamatne, 5 — trešā smadzeņu ventrikula sākums.

Hipofīzes endokrīnā darbība ir ļoti komplicēta un daudzveidīga. Hipofīzes hormoni, kuru ir vairāk par 24, ietekmē organisma vielu maiņu, augšanu, asinsriti, urīna veidošanos, dzimumfunkcijas, piena sekrēciju un piena izvadīšanu, kā arī citu iekšējās sekrēcijas dziedzeru darbību. Hipofīzes hormoni daļēji nokļūst tieši asinīs, daļēji caur hipofīzes kājiņu izdalās III smadzeņu ventrikuļa dobumā (cerebrospīnālā šķidrumā).

HIPOFĪZES FIZIOLOĢISKĀ NOZĪME

Hipofīzes funkciju eksperimentālai pētīšanai ir vairākas metodes. Svarīgākās no tām ir hipofīzes vai arī tās atsevišķu daivu izoperēšana, hipofīzes transplantācija un hipofīzes hormonu ievadīšana organismā.

Pēc hipofīzes izoperēšanas — hipofīzektomijas — organismā iestājas daudz dažādu morfoloģisku un funkcionālu pārmaiņu. Organisma patoloģiskās pārmaiņas, kas rodas pēc hipofīzektomijas, var būt dažādas atkarībā no tā, kādā vecumā notikusi operācija. Jauniem dzīvniekiem pēc hipofīzes izoperēšanas tiek kavēta vai pat pilnīgi pārtraukta augšana (48. att.), neattīstās dzimumfunkcijas, pazeminās vielu pamatmaiņa un ķermeņa temperatūra. Hipofīzektomētie dzīvnieki kļūst apātiski un dažkārt stipri aptaukojas. Raksturīgi ir stobrkaulu epifīžu pārkaulošanās traucējumi, kā arī atrofiskās pārmaiņas citos iekšējos sekrēcijas dziedzeros.

Ja jauniem, augošiem dzīvniekiem izoperē tikai hipofīzes priekšējo daivu, funkciju pārmaiņas organismā ir līdzīgas kā visas hipofīzes izoperēšanas gadījumā.

Pieaugušiem hipofīzektomētiem dzīvniekiem atrofējas dzimumdziedzeri un izzūd dzimumfunkcijas, samazinās ķermeņa muskulatūras tonuss, iestājas vairogdziedzera, virsnieru un citu iekšējās sekrēcijas dziedzeru hipofunkcija, pavājinās organisma pretestības spēja dažādu ārējās vides nelabvēlīgu faktoru ietekmei, rodas vielu maiņas traucējumi un citas patoloģiskas pārmaiņas.

Hipofīzes pakalējās daivas izoperēšana izraisa urīna pastiprinātu atdalīšanos (poliūriju) jeb t. s. bezcukura diabētu (*dia-*



48. att. Hipofīzes izoperēšanas sekas sunim. Pa kreisi suns pēc hipofīzes izoperēšanas, pa labi — tā paša meģiena normāls suns.

betes insipidus). Atšķirībā no pankreātiskā diabēta izdalītais urīns nesatur glikozi un tam ir mazs blīvums.

Hipofīzes (galvenokārt tās priekšējās daivas) hiperfunkcija, kas iestājas jauniem, augošiem organismiem, izraisa hipofizāro gigantismu: ķermenis izaug nenormāli liels, bet atsevišķu ķermeņa daļu normālās proporcijas saglabājas. Ja hipofīzes hiperfunkcija attīstās pieaugušiem organismiem, rodas akromegālija, kuras gadījumā sāk palielināties tikai atsevišķi audi un orgāni. Tā, piemēram, cilvēkam, kas slimo ar akromegāliju, palielinās sejas, roku un kāju kauli. Vienlaicīgi aug arī mikstie audi: lūpas un vaigi kļūst ļoti biezi, mēle palielinās tiktāl, ka nevar vairs novietoties mutes dobumā, ļoti liels kļūst deguns, palielinās arī iekšējie orgāni (sirds, aknas, liesa, aizkuņģa dziedzeris u. c.). Bez tam akromegālijas slimniekiem iestājas muskuļu vājums, aptaukošanās, dzimumfunkciju pavājināšanās un citas organisma funkciju pārmaiņas.

Krasa hipofīzes funkciju pavājināšanās cilvēkiem var izraisīt hipofizāro kaheksiju, kuras gadījumā iestājas stipra novājēšana, atrofējas dzimumorgāni, izkrit mati un zobi.

HIPOFĪZES PRIEKŠĒJĀS DAIVAS HORMONI

Hipofīzes priekšējā daiva izdala šādus hormonus: 1) somatotropo jeb augšanas hormonu (STH), 2) laktotropo (mamatropo) hormonu jeb prolaktīnu (MTH), 3) gonadotropos hormonus — folikulu attīstības stimulētāju jeb folikulotropo hormonu (FTH) un dzeltenā ķermeņa veidošanas stimulētāju jeb luteotropo hormonu (LTH), 4) adrenokortikotropo hormonu (AKTH), 5) tireotropo hormonu (TTH), 6) paratireotropo hormonu un 7) pankreotropo hormonu, kā arī 8) olbaltumvielu maiņas, 9) ogļhidrātu maiņas, 10) tauku maiņas regulētājus hormonus un 11) bromhormonu.

Hipofīzes hormonus (adrenokortikotropo, tireotropo u. c.), kas ietekmē citu iekšējās sekrēcijas dziedzeru darbību, sauc par krinotropiem hormoniem.

Somatotropais hormons ir olbaltumviela. Tā molekulmasa — 44 000 ... 49 000. Šis hormons, sistemātiski ievadīts jaunū, augošu dzīvnieku organismā, izraisa gigantismu, bet pieaugušiem dzīvniekiem — akromegāliju.

Somatotropais hormons stimulē olbaltumvielu uzkrāšanos audos, izraisot ar to pozitīvu slāpekļa bilanci, pastiprina zemādas tauku oksidāciju, veicina ogļhidrātu maiņu un paātrina epifizāro skrimšļu augšanu.

Laktotropais hormons stimulē piena sekrēcijas procesu. Ja dzīvniekam laktācijas periodā izoperē hipofīzi, piena sekrēcija tiek pārtraukta. Pēdējā laikā uzskata, ka laktotropais hormons veicina ne

tikai piena sekrēciju, bet arī piena dziedzerādu augšanu un attīstību. Laktotropais hormons ir iegūts kristāliskā veidā. Tā ir olbaltumviela, kuras molekulmasa — 32 000.

Gonadotropie hormoni ir glikoproteīdi ar lielu molekulmasu (70 000 ... 100 000). Mātītēm folikulotropais hormons (prolāns A) stimulē folikulu augšanu un nogatavošanos, bet luteotropais hormons (prolāns B) veicina dzeltenā ķermeņa attīstību un progesterona veidošanos. Tēviņiem folikulotropais hormons stimulē spermatogēnēzi, bet luteotropais hormons — sēklinieku intersticiālo ādu attīstību un virišķā dzimumhormona testosterona sintēzi. Pēc hipofizes izoperēšanas mātītēm vairs neiestājas meklēšanās un ovulācija, bet tēviņi neražo spermatozoīdus.

Adrenokortikotropais hormons uzbudina virsnieru garozas darbību, pastiprinot kortikoīdu izdalīšanos (sk. «Virsnieru funkciju regulācija» 298. lpp.). Bez tam adrenokortikotropais hormons veicina nervu ādu reģenerāciju. Adrenokortikotropais hormons ir olbaltumviela, kas labi šķīst ūdenī. Tā molekulmasa ir 20 000.

Tireotropais hormons pastiprina vairogdziedzera sekretorā epitelija augšanu un stimulē vairogdziedzera hormonu veidošanu un izdalīšanu.

Paratireotropais hormons aktivizē epitēlijķermenīšu darbību.

Pankretropais hormons stimulē Langerhansa saliņu šūnu augšanu.

Ogļhidrātu maiņas hormons pastiprina glikozes veidošanos no taukiem un olbaltumvielām.

Olbaltumvielu maiņas hormons aktivizē aminoskābju dezaminēšanu aknās, tādējādi pastiprinot olbaltumvielu specifiski dinamisko darbību.

Tauku maiņas hormons pastiprina tauku noārdīšanos aknās.

Bromhormons satur bromu. Šim hormonam ir zināma nozīme kavējumu iradiācijā galvas smadzeņu lielajās puslodēs (miega laikā). Jāatzīmē, ka salīdzinājumā ar citiem orgāniem un audiem hipofīzē ir visaugstākā broma koncentrācija — līdz 20 mg/100 g (citos audos 1 ... 2 mg/100 g). Miega laikā broms satur hipofīzē samazinās līdz 6 ... 8 mg/100 g.

HIPOFIZES STARPDAIVAS HORMONS

Hipofizes starpdaiva ražo un izdala melanoforo hormonu — intermedīnu. Abiniekiem un zivīm tas paplašina ādas pigmentšūnas — melanoforus, kā arī piedalās pigmentu veidošanā un paaugstina acs tīklenes jutību. Melanoforā hormona loma zīdītāju organismā nav vēl noskaidrota. Pēc savas uzbūves melanoforais hormons ir polipeptīds, kura molekulmasa ir apmēram 2000.

HIPOFIZES PAKAĻĒJĀS DAIVAS HORMONI

Ekstraktu, kas satur visus hipofīzes pakaļējās daivas hormonus, sauc par pituitrīnu jeb hipofīzīnu. Pituitrīnu, kam ir daudzveidīga fizioloģiskā darbība, ļoti plaši lieto medicīnas un veterinārijas praksē. Tas izraisa dzemdes muskulatūras un piena dziedzeru mioepitēlija kontrakcijas, pastiprina zarnu un urīnpūšļa gludās muskulatūras tonusu, paaugstina asinsspiedienu, samazina diurēzi, pavājina gremošanas sulu izdalīšanos.

Pituitrīna sastāvā ietilpst divi hormoni — oksitocīns (pitocīns) un vazopresīns (adiuretīns, pitresīns). Pēc savas ķīmiskās struktūras šie hormoni ir polipeptīdi.

Pastāv arī uzskats, ka hipofīzes pakaļējā daiva ražo trīs hormonus: oksitocīnu, vazopresīnu un t. s. antiurētisko hormonu.

Oksitocīns iedarbojas uz dzemdes gludo muskulatūru, izraisot tās kontrakcijas. Grūšna dzemde uz oksitocīnu nereaģē, jo oksitocīna darbību kavē dzeltenā ķermeņa hormons progesterons. Grūsnības beigās un it īpaši īsi pirms dzemdībām, kad samazinās progesterona izdalīšanās, dzemdes muskulatūras reaktivitāte attiecībā pret oksitocīnu krasi pastiprinās. Oksitocīna ietekmē kontrahējas arī piena dziedzeru mioepitēlijs.

Vazopresīns sašaurina asinsvadus, paaugstinot ar to asinsspiedienu. Vazopresīna ietekmē visstiprāk tiek sašaurināti dzemdes asinsvadi. Bez tam vazopresīns samazina izdalītā urīna daudzumu (diurēzi), pastiprinot pirmurīna reabsorbciju nieru kanāliņos. Bez cukura diabēts, kas iestājas pēc hipofīzes izoperēšanas vai arī tās hipofunkcijas gadījumā, ir sekas no vazopresīna iztrūkuma vai tā izdalīšanās nepietiekamā daudzumā.

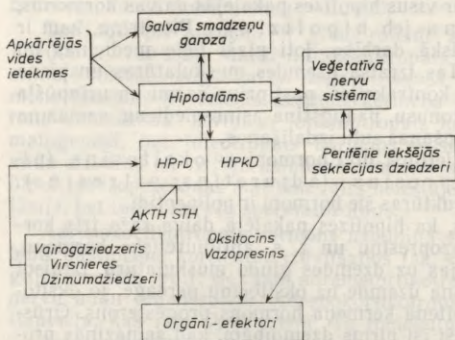
HIPOFIZES FUNKCIJU REGULĀCIJA

Hipofīzes darbību pirmām kārtām regulē nervu impulsi, kas tai pienāk no galvas smadzeņu zemapauguru (*hypothalamus*) apvidus. Pārtraucot hipofīzes sakaru ar galvas smadzeņu zemapauguru apvidu (pārgriežot hipofīzes kājiņu), krasi samazinās hipofīzes hormonu izdalīšanās.

Hipofīzes funkcijas stipri ietekmē dažādi reflektoriskie kairinātāji. Tā, piemēram, gaismas kairinātāji, izraisot acs tīklenes gaismas jutīgo šūnu uzbudinājumu, reflektoriski pastiprina gonadotropo hormonu (galvenokārt luteotropā hormona), kā arī tireotropā un adrenokortikotropā hormona izdalīšanos. Uzbudinājums no acu fotoreceptoriem pa redzes nerviem tiek novadīts uz galvas smadzeņu zemapauguru apvidu, no turienes pa hipofīzes kājiņu nonāk hipofīzē un pastiprina tās darbību. Interesanti atzīmēt, ka tumšā hipofīzes hormonu izdalīšanās ir krasi samazināta. Sāpju kairinājumi reflektoriski pastiprina oksitocīna un vazopresīna izdalīšanos.

Kairinot kakla priekšējo simpātisko gangliju, pastiprinās visu hipofīzes hormonu izdalīšanās.

Nervu sistēmas un endokrīnās sistēmas savstarpējo attiecību shēma



Iekšējās sekrēcijas dziedzeri, kuru funkcijas stimulē hipofīze, savukārt ietekmē hipofīzes darbību, pie tam šai ietekmei ir kavējuma raksturs. Tā, piemēram, dzimumdziedzeru hormoni, kuru ražošana ir pakļauta hipofizārām ietekmēm, kavē gonadotropo hormonu izdalīšanos. Tādēļ arī pēc kastrācijas hipofīzē pastiprinās gonadotropo hormonu veidošanās. Līdzīga funkcionāla saistība hipofīzē ir arī ar vairogdziedzeri un virsnierēm.

DZIMUMDZIEDZERU IEKŠĒJĀ SEKRĒCIJA

DZIMUMDZIEDZERU IEKŠĒJĀS SEKRĒCIJAS FIZIOLOĢISKĀ NOZĪME

Dzimumdziedzeru hormonālā funkcija nav atdalāma no to ģeneratīvās darbības: vīrišķo dzimumhormonu ražošana ir saistīta ar spermatogēnēzi, bet sievišķo dzimumhormonu veidošanās — ar folikulu un dzeltenā ķermeņa attīstību.

Dzimumdziedzeru hormoniem ir liela nozīme organisma dzimumfunkcijas un vielu maiņā.

Kastrēta dzīvnieka organismā samazinās oksidācijas procesu intensitāte, pavājinās vielu maiņa, un organismā pastiprināti sāk nogulsneties tauki. Kastrētiem dzīvniekiem hipertrofējas virsnieru garozas slānis, pavājinās vairogdziedzeri funkcijas, samazinās nervu sistēmas uzbudināmība un izzūd dzimumtieksme. Mātītēm iestājas dzemdes, maksts un piena dziedzeru involūcija, kā arī nepotiek meklēšanās, bet tēviņiem izzūd dzimumrefleksi un atrofējas papildu (akcesoriskie) dzimumdziedzeri.

Kastrētie dzīvnieki ātrāk un vieglāk nobarojas, pie tam to gaļa ir smalkšķiedraināka nekā nekastrēto dzīvnieku gaļa. Kastrētiem

vīrišķiem darba dzīvniekiem, piemēram, kastrētiem ērzeļiem, izzūd ļaunā daba, tie kļūst paklausīgāki, tādējādi palielinās to darba spējas.

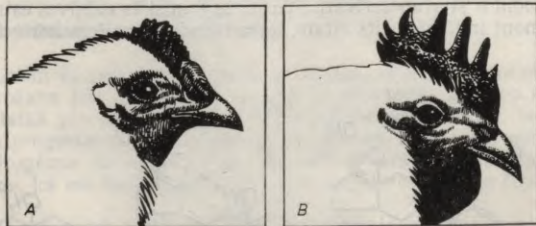
Ja izkastrē jaunus dzīvniekus, kas nav vēl sasnieguši dzimumgatavību, tad tiem neizveidojas sekundārās dzimum pazīmes, piemēram, aunam un āzim neizaug ragi, bet gailim neattīstās sekste, zoda lapiņas un krāšņais apspalvojums. Kastrētiem jauniem dzīvniekiem aizkavējas garo kaulu skrimšļu pārkaulošanās, tādēļ ekstremitātes izaug neproporcionāli garas. Manāmas trofiskās pārmaiņas novērojamas ādā; tā kļūst mīksta un mazāk apmatota.

Ja kastrēta dzīvnieka organismā ievada dzimumhormonus, attīrītos dzimumdziedzeru ekstraktus vai arī pārstāda dzimumdziedzeru audus, tam pastiprinās vielu maiņa un parādās dzimumrefleksi. Atkārtotas dzimumhormonu injekcijas vai arī dzimumdziedzeru audu pārstādīšanas rezultātā kastrētiem dzīvniekiem sāk attīstīties arī sekundārās dzimum pazīmes (49. att.). Ja kastrētam gailim pārstāda vistas olnīcas, tad tas pēc attiecīga laika kļūst līdzīgs vistai, bet kastrēta vista, kurai pārstāda gaiļa sēkliniekus, sāk atgādināt gaili. Līdzīgus rezultātus var iegūt arī ar kastrētiem zidītājiem, kuriem pārstāda pretējā dzimuma dzimumdziedzerus.

Simptomi, kas raksturīgi kastrētiem vīrišķiem indivīdiem, novērojami arī kriptorhidisma gadījumā, kad sēklinieki neieslīd sēklinieku maiņā un pakāpeniski atrofējas.

Dzimumdziedzeru pastiprināta inkretorā funkcija rada priekšlaicīgu dzimumnobriešanu, dzimumorgānu pārmērīgu attīstību un ievērojami pastiprina vielu maiņas intensitāti. Dzīvnieki kļūst stipri uzbudināmi un novājē.

Dzimumdziedzeru hormonālās darbības regulācija. Dzimumdziedzeru hormonālās funkcijas regulē nervu sistēma un hipofīzes gonadotropie hormoni. Sāpju, mehāniskie un elektriskie dzimumceļu kairinājumi rada nervu impulsus, kas pa aferentiem nerviem nokļūst galvas smadzeņu garozā, no turienes caur zempauguru apvidu nonāk hipofīzē, izraisot pastiprinātu gonadotropo hormonu



49. att. Sekstes un zoda lapiņu attīstība kastrētam gailim vīrišķā dzimumhormona ietekmē (pēc E. Lenartca):

A — gailis līdz hormona ievadīšanai, B — gailis pēc hormona ievadīšanas.

izdalīšanas. Gonadotropie hormoni stimulē dzimumdziedzeru darbību (sk. «Gonadotropie hormoni» 304. lpp.). Dzimumdziedzeriem ir funkcionāls sakars arī ar vairogdziedzeri, virsnierēm un epifīzi.

VĪRIŠĀJIE DZIMUMHORMONI

Visi vīrišķie dzimumhormoni, kurus sauc par androgēniem hormoniem (*andros* — vīrietis), pēc uzbūves atgādina holesterīnu. Tie ir cikliskā ogļūdeņraža ciklopentānoperhidrofenantrēna derivāti. Pašreiz ir iegūti un izpētīti šādi dabiskie vīrišķie dzimumhormoni: testosterons, androsterons, dehidroandrosterons un adresterons.

No vīrišķiem dzimumhormoniem fizioloģiski visaktīvākais ir *testosterons*, kas asinīs atrodas kompleksos savienojumos ar olbaltumvielām, galvenokārt ar albumīniem. Bez tiešas ietekmes uz sekundāro dzimumpazīmju izveidošanos un dzimuminstinkta izpaušmi testosterons veicina olbaltumvielu un minerālāļu aizturēšanu un uzkrāšanos audos.

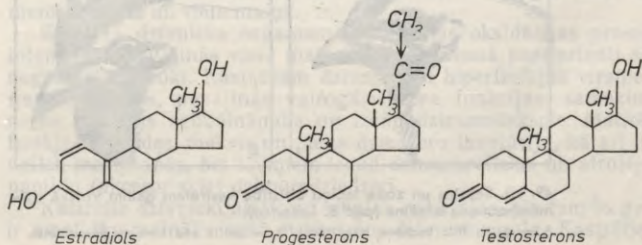
Androsterons, dehidroandrosterons un adresterons ir testosterona maiņas produkti, kas no organisma izdalās ar urīnu.

Veterinārijas praksē (vaislinieku dzimumfunkciju traucējumu ārstēšanai) ar labiem panākumiem lieto sintezētu metiltestosteronu, kā arī testosteronpropionātu. Testosteronpropionāts ir ievērojami aktīvāks par dabisko testosteronu.

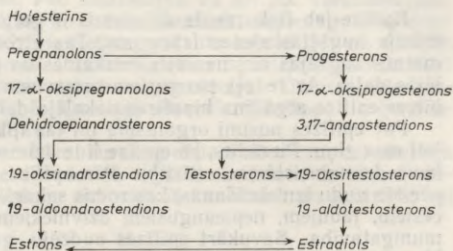
SIEVIŠĀJIE DZIMUMHORMONI

Sievišķo dzimumhormonu jeb estrogēno vielu (*oestrus* — meklēšanās) grupā ietilpst 1) folikulu hormons — estradiols un tā maiņas produkti organismā — estrons (folikulīns) un estriols un 2) dzeltenā ķermeņa hormons — progesterons.

Līdzīgi vīrišķiem dzimumhormoniem, arī sievišķie dzimumhormoni ir sterīnu derivāti. Pēc savas ķīmiskās uzbūves estrogēnie hormoni ir līdzīgi cits citam, kā arī androgēnajiem hormoniem.



Estrogēnu biosintēzes shēma



Estradiols un estrons, ievadīti mātiņas organismā, veicina meklēšanu un dzimumtieksmi. Šie hormoni rada dzemdes gļotādas proliferāciju, pastiprina dzemdes gļotādas dziedzeru sekrēciju un stimulē piena dziedzeru augšanu. Vislielākā daudzumā estradiols un estrons mātiņas organismā veidojas pirms meklēšanās, ovulācijas laikā, kā arī pirms dzemdībām.

Dzeltenā ķermeņa hormons progesterons kavē folikulu nogatavošanos un pretēji estradiolam un estronam nomāc meklēšanu un dzimumtieksmi. Tāpēc ālavām govīm, kurām neauglība iestājusies dzeltenā ķermeņa nepārtrauktas funkcionēšanas rezultātā, norma meklēšanās, ovulācija un apaugļošanās iespējama tikai tad, ja operatīvi izņem dzelteno ķermeni vai arī saspiež to caur taisno zarnu.

Progesterons ir grūsnības nodrošināšanas hormons, jo tas sekmē dzemdes gļotādas proliferāciju un apaugļotas olšūnas nostiprināšanu un attīstību dzemdē, kā arī aizkavē dzemdes muskulatūras kontrakcijas. Bez tam progesterons veicina tesmeņa augšanu.

PLACENTAS HORMONĀLĀ FUNKCIJA

Placentāriem dzīvniekiem placenta ir orgāns, caur kuru notiek embrija barošana (sk. «Augļa attīstība un tā barošana» 268. lpp.). Tajā pašā laikā placenta izpilda iekšējās sekrēcijas funkciju, izdalot asinīs progesteronu, gonadotropos hormonus, kā arī estrogēnas un androgēnas vielas. Bez tam placentā ir atrasts melanoforais hormons, kā arī hormons, kas stimulē virsnieru garozas funkcijas.

Ja mātiņēm izoperē hipofīzi vai olnīcas pirmajā grūsnības periodā, tad tām iestājas aborts. Izdarot šo operāciju otrajā grūsnības periodā, lielākai placentāro dzīvnieku daļai aborts neiestājas, jo šajā laikā grūsnības humorālo regulāciju veic placentas hormoni.

EPIFIZE

Epifize jeb čiekurveida dziedzeris ir galvas smadzeņu III ventrikuļa augšējās sienas izaugums. Tas atrodas uz smadzeņu pamatnes augšējās virsmas virs četrkalnes un redzes pauguru pakalējās daļas. Ar redzes pauguriem to savieno īsas kājiņas. Pēc uzbūves epifize atgādina hipofīzes pakalējo daivu (neirohipofīzi).

Par epifīzes nozīmi organismā un tās inkretoro funkciju vēl ir ļoti maz ziņu. Pierādīts, ka epifīze līdz dzimumgatavības periodam kavē dzimumsistēmas attīstību. Pēc epifīzes ekstirpācijas vai arī pēc tās audu iznīcināšanas, kas rodas sakarā ar patoloģiskiem procesiem, jauniem, nepieaugušiem dzīvniekiem iestājas agrīna dzimumgatavība. Savukārt epifīzes audzēju gadījumā, kad epifīze kļūst nenormāli liela, novērojama organisma aptaukošanās. Izpētīts, ka pēc kastrācijas strauji palielinās epifīzes apjoms. Tas norāda, ka dzimumdziedzeri ietekmē epifīzes funkcijas.

Uzskata, ka epifīze izdala hormonu, kas kavē dzimumdziedzeru endokrīno darbību. Iespējams, ka epifīzes hormons kavē hipofīzes gonadotropo hormonu stimulējošo ietekmi uz dzimumaparātu attīstību.

AIZKRŪTS JEB TĪMUSA DZIEDZERIS

Tīmusa dziedzeris ir limfoidāli epiteliāls veidojums. Mājdzīvniekiem tas daļēji atrodas krūšu dobumā, daļēji iestiepjas divu izaugumu veidā gar trahejas apakšējo virsmu kakla daļā. Atgremotājiem un cūkām tīmusa dziedzeris stiepjas līdz balsenei un vēl tālāk uz priekšu (50. att.).

Jauniem dzīvniekiem tīmusa dziedzeris ir samērā liels, bet ar dzimumgatavības iestāšanos tas pakāpeniski samazinās un gandrīz pilnīgi izzūd. Paliek tikai atsevišķas saliņas, galvenokārt krūšu daļā.

Pēc tīmusa dziedzera izoperēšanas jaunie, nepieaugušie dzīvnieki (kucēni, jaunie truši u. c.) atpaliel augšanā un aptaukojas. Pēc tam iestājas nervu darbības traucējumi, dzīvnieki stipri novājē un bieži vien nobeidzas.



50. att. Teļa tīmusa dziedzeris:

1 — vairōgdziedzeris, 2 — traheja, 3 — tīmusa dziedzeris.

Timusa dziedzerim ir funkcionāls sakars ar dzimumdziedzeriem, hipofizi un virsnierēm. Pēc kastrācijas, kā arī pēc adrenālektomijas un hipofizektomijas, ko izdara jauniem, nepieaugušiem dzīvniekiem, timusa dziedzeris netiek pakļauts involūcijai un dažkārt pat palielinās tā apjoms. Dzimumdziedzeru pastiprināta inkretora darbība paātrina timusa dziedera involūciju. Timusa dziedera atrofija paātrinās arī pēc hipofīzes adrenokortikotropā un gonadotropo hormonu injekcijas.

Izēdinot suņiem, trušiem, žurkām, cāļiem un citiem dzīvniekiem timusa dziedzerus vai ievadot to organismā timusa dziedera ekstraktus, pastiprinās kalcija aizturēšana kaulaudos un paātrinās arī organisma augšana.

XIV. Muskuļu fizioloģija

Muskuļus veido atsevišķas šķiedras, kas sastāv no homogēnas pamatvielas — sarkoplazmas. Katru muskuļu šķiedru klāj apvalks — sarkolemma. Muskuļu šķiedrās ir samērā īsi nūjiņveidīgi kodoli, kas novietoti paralēli šķiedrai. Katrai šķiedrai ir vairāki kodoli, kas atrodas zem sarkolemmas.

Izšķir gludos un šķērsvītrotos muskuļus.

Gludo muskuļu šūnas parasti ir vārpstveidīgi izstieptas šķiedras, kuru garums 15 ... 500 μm , bet diametrs — 4 ... 7 μm . Šūnas vidējā pārsninātajā daļā atrodas kodols, ko apņem graudaina citoplazma (sarkoplazma). Gludā muskulatūra, kas no zemākattīstītiem dzīvniekiem pirmo reizi parādās gliemjiem, saglabājas augstākattīstītiem dzīvniekiem gremošanas traktā, asinsvados, limfvados un vispār iekšējos orgānos. Gludos muskuļus inervē veģetatīvā nervu sistēma. Gludo muskuļu kontrakcijas salīdzinājumā ar šķērsvītrotu muskuļu kontrakcijām ir lēnākas un ilgstošākas. Gludie muskuļi var ilgu laiku palikt kontrakcijas stāvoklī. So kontrakciju sauc par tonisku, un tā iestājas, ja ir samērā reti kairinājumi. Gludie muskuļi toniskās kontrakcijas laikā patērē ļoti maz enerģijas. Šiem muskuļiem piemīt arī plastiskums — tie var ievērojami iestiepties, pie tam to spraigums nemainās. Tādējādi dobie orgāni, piemēram, urīnpūslis, kuņģis un citi, var pildīt rezervuāra funkciju. Gludajiem muskuļiem uzbudināmība ir vājāka, latentais periods garāks, un arī uzbudinājumu tie vada lēnāk nekā skeleta muskuļi. Pie tam šiem muskuļiem piemīt arī autotomātija spēja, to kontrakcijas var izraisīt impulsi, kas rodas attiecīgā orgāna muskuļu un nervu elementos.

Šķērsvītrotās muskulatūras izolētajai muskuļu šķiedrai ir ieapaļa forma; tās garums — vidēji no 1 mm līdz dažiem centimetriem (maksimālais garums — 12 cm), bet diametrs — 10—150 μm , turklāt tas vienam un tam pašam muskulim stipri variē. Katra muskuļu šķiedra aplāta ar caurspīdīgu apvalku — sarkolemmu, kas ietver kontraktīlo vielu un kodolu. Kontraktīlo vielu veido sarkoplazma, kurā atrodas šķērsvītrotās miofibrillas (diametrs apmēram 1 μm). Katrā šķērsvītrotās muskulatūras šķiedrā ir daudz (līdz 100) miofibrillu. Katra miofibrilla sastāv no tievām un resnām protofibrillām. Resnās protofibrillas sa-

stāv no olbaltumvielas — miozīna, bet tievās — no aktīna. Savstarpēji savienojoties, tās veido olbaltumvielu kompleksu — aktomiozīnu, kas nodrošina muskuļu galveno funkciju, t. i., kontrakciju. Sarkoplazmā starp miofibrillām atrodas sarkosomas un mitohondriji. Mitohondriji piedalās oksidācijas procesos un adenozintrifosfāta (ATF) sintezē.

Šķērsvītrotu muskuļu miofibrillas sastāv no pamīšus sakārtotiem diskiem, kuros dažādi tiek laužti gaismas stari. Vienos novērojama dubultā staru laušana, un polarizētā gaismā tie izskatās tumši. Tā ir miofibrillu anizotropā daļa. Citos diskos gaismas stari tiek laužti tikai vienu reizi, un tie polarizētā gaismā izskatās gaišāki. Tā ir miofibrillu izotropā daļa. Šiem divējāda veida diskiem ir dažādas funkcijas: gaišie diski nosaka muskuļšķiedru elastību, bet tumšie — muskuļu šķiedru kontrakciju spējas. Pie šķērsvītrotajiem muskuļiem pieder visi ekstremitāšu, vidukļa un citi skeleta muskuļi. Šķērsvītrotās muskulatūras darbību regulē centrālā nervu sistēma, it sevišķi galvas smadzeņu garoza. Šiem muskuļiem darbojoties, ķermenis kustas. Šķērsvītrotie muskuļi spēj ātri vadīt uzbudinājumu, ātri kontrahēties un atslābt.

Pie šķērsvītrotās muskulatūras pieder sirds sienu muskuļu kārtā — miokards. Tomēr atšķirībā no skeleta muskuļaudiem sirds muskulatūras šūnu kodoli vienmēr atrodas muskuļu šķiedras vidū. Bez tam sirds muskuļu šķiedrām ļoti vāji vai nemaz nav veidota sarkolemma; tām ir smalkāks šķērsvītrojums nekā skeleta muskulatūrai, un starp muskuļu šķiedrām atrodas anastomozes.

MUSKUĻU ĶĪMISKAIS SASTĀVS

Apmēram $\frac{4}{5}$ (72...80%) muskuļaudu masas sastāda ūdens. Muskuļaudu sausnes galvenā sastāvdaļa ir olbaltumvielas. Bez tam sausnes sastāvā ietilpst arī ogļhidrāti, lipīdi, slāpekli saturošas vielas, organisku un neorganisku skābju sāļi un citi ķīmiski savienojumi. No olbaltumvielām ir atkarīga muskuļu specifiskā funkcija. Muskuļaudu olbaltumvielas var iedalīt vairākās frakcijās: sarkoplazmatiskās olbaltumvielās, kuras pēc dažām metodēm, piemēram, ar elektroforēzi, frakcionē sīkākās apakšgrupās; miofibrillārās olbaltumvielās (miozīns, aktīns, aktomiozīns un tropomiozīns), kas ietilpst miofibrillu sastāvā; un stromas olbaltumvielās. Jāatzīmē, ka muskuļaudu stroma sastāv galvenokārt tikai no saistaudu elementiem.

Bez tam muskuļu šķiedru sastāvā ietilpst arī dažas citas olbaltumvielas: nukleoproteīdi, kas sastopami galvenokārt muskuļu šķiedru kodolos, mioglobīns — muskuļu pigments, kas ietilpst sarkano muskuļu sarkoplazmā. Līdzīgi hemoglobīnam, tas satur Fe un var saistīt un atdot skābekli. Oksimoglobīns disociē pie daudz zemāka skābekļa parciālā spiediena nekā oksihemoglobīns, tāpēc to uzskata par skābekļa rezervi.

Muskuļu sastāvā ietilpst arī daudzi fermenti, kas katalizē oksidēšanas, fosforilēšanas glikolizes un citas reakcijas.

No slāpekli saturošām vielām skeleta muskuļaudos atrodas adenozintrifosfāts (ATF), adenozīndifosfāts (ADF), kreatīns, kreatīnfosfāts, kā arī karnozīns, anserīns, karnitīns u. c. No slāpekli saturošām vielām muskuļos ir arī aminoskābes, urīnviela, purīna bāzes, fosfatīdi. Fosfatīdiem, it sevišķi acetālfosfatīdam, ir svarīga nozīme audu elpošanas procesos. Sevišķi nozīmīgi tie ir sirds muskuļu darbībā.

Muskuļaudos ietilpst glikogēns (svarīgākais substrāts muskuļu glikolizē un elpošanā), tā šķelšanās produkti, pienskābe, holesterīns un daži citi organiskie un neorganiskie savienojumi. Skeleta muskulatūrā ietilpst arī neorganisko sāļu joni — Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- u. c. Daļa no tiem, galvenokārt Mg^{2+} un Ca^{2+} joni, muskuļu šķiedrās saistīti ar olbaltumvielām, bet daļa atrodas brīvā veidā. Pastāv uzskats, ka jonu koncentrācijas maiņas izraisa uzbudinājuma procesus dažādos audos (V. Cagovecs, Z. Lebs, V. Nernsts, P. Lazarevs).

Gludās muskulatūras sastāvā, tāpat kā skeleta muskuļos, bez olbaltumvielām ietilpst arī glikogēns, tauki, lipoīdi, slāpekli saturošas vielas u. c. Skābēs šķīstošo fosfora savienojumu, piemēram, adenozinfosfāta un nukleoizīdtrifosfātu gludajā muskulatūrā ir ievērojami mazāk nekā šķērsvītrotajā muskulatūrā, turpretī mioalbumīna un stromas olbaltumvielu — vairāk nekā skeleta muskuļos. Iespējams, ka stromas olbaltumvielas piešķir gludajai muskulatūrai papildu mehānisku izturību un elastību. Tāuku un lipoīdu saturs gludajā muskulatūrā var svārstīties plašās robežās.

Sirds muskulis pēc ķīmiskā sastāva ieņem vidus stāvokli starp skeleta un gludo muskulatūru. Miokarda audi ir bagāti ar holesterīnu un fosfolipoīdiem (fosfatīdiem), kuriem oksidējoties atbrīvojas ievērojams daudzums miokarda kontrakcijām vajadzīgās enerģijas.

MUSKUĻU FIZIOLOĢISKĀS ĪPAŠĪBAS

MUSKUĻU UZBUDINĀMĪBA UN UZBUDINĀJUMA VADĪŠANA

Ja muskuļu šķiedrai pienāk nervu impulss vai arī uz to iedarbojas elektriski, ķīmiski, termiski un citi kairinātāji, tā nonāk uzbudinājuma stāvoklī. Šī spēja reaģēt uz kairinājumu ar aktīvu reakciju, t. i., u z b u d i n ā m ī b a, ir muskuļu šķiedras funkcionālā stāvokļa rādītājs.

Minimālo kairinājuma spēku, kas ir pietiekams, lai izraisītu tikko manāmu muskuļu šķiedru kontrakciju, sauc par k a i r i n ā j u m a s l i e k s n i. Šis sliekšnis raksturo muskuļaudu uzbudināmību (sk. «Kairinātāji un uzbudinājuma rašanās» 10. lpp.).

Muskuļa uzbudināmību var mērīt, ne tikai nosakot kairinājuma sliekšni, bet arī nosakot minimālo laiku (hronaksija), kas nepieciešams, lai noteikta sprieguma strāva izraisītu uzbudinājumu.

Svarīgs muskuļu šķiedras uzbudināmības rādītājs ir arī tās funkcionālais kustīgums jeb fizioloģiskā labilitāte.

N. Vedenskis konstatējis, ka katram orgānam raksturīga maksimāla bioelektrisko svārstību frekvence, kas saistīta ar uzbudinājuma uzliesmojumu. Tādējādi par labilitātes jeb audu funkcionālā kustīguma rādītāju Vedenskis pieņēma to vislielāko kairinājumu skaitu sekundē, uz kuru audos radās tāds pats uzbudinājumu skaits, piemēram, vārdes organismā nervaudiem funkcionālā stāvokļa jeb labilitātes rādītājs ir 500, bet muskuļaudiem — 200. Labilitāte ir mainīgs lielums. Līdztekus audu fizioloģiskā stāvokļa, vielu maiņas procesu pārmaiņām mainās arī labilitāte. Tādējādi labilitāte ir tiešs audu pašreizējā funkcionālā stāvokļa raksturotājs. Labilitāti nosaka, reģistrējot audu darbības strāvas ar ļoti jutīgu galvanometru vai katodstaru oscilogrāfu.

Katram uzbudinājuma vilnim seko pārmaiņas audu uzbudināmībā. Otrs uzbudinājuma vilnis var rasties audos tikai tad, kad pirmais vilnis jau beidzies, jo muskuļa vai nerva apvidus, caur kuru plūst impulss, uz laiku kļūst neuzbudināms. So neuzbudināmības periodu sauc par refraktāro periodu.

Absolūtajā refraktārajā periodā audu uzbudināmība samazinās un tuvojas nullei. Sajā periodā ne tikai sliekšņa, bet arī stiprāki kairinājumi nespēj izraisīt kontrakciju. Absolūtais refraktārais jeb neuzbudināmības periods nervos ilgst 0,0004 ... 0,002 s, bet muskuļos — 0,002 ... 0,003 s.

Kad absolūtais refraktārais periods ir beidzies, uzbudināmība atkal pakāpeniski atjaunojas. So periodu sauc par relatīvo refraktāro periodu. Šī perioda sākumā uzbudināmība vēl ir ļoti vāja, tādēļ uzbudinājumu spēj izraisīt tikai stiprs kairinājums, bet perioda beigās uzbudināmība sasniedz sākuma līmeni. Relatīvais refraktārais periods nervā turpinās 0,001 ... 0,008 s.

Izbeidzoties relatīvajam refraktārajam periodam, iestājas paugstinātas uzbudināmības fāze. Sajā periodā, kas nosaukts par eksaltācijas periodu, uzbudinājumu izraisa pat zemsliekšņa kairinājumi. Vārdes nervā šis periods ilgst apmēram 20 milisekundes. Kad eksaltācijas periods beidzies, var iestāties neliela, bet samērā ilgstoša uzbudināmības pavājināšanās (sekundārā subnormālā fāze), kas ilgst no dažām sekundēm desmitdaļām līdz dažām sekundēm. Tikai pēc tam muskuļos vai nervos iestājas sākotnējā normālā uzbudināmība.

Tā kā muskuļu šķiedrai piemīt uzbudinājuma vadītspēja, uzbudinājums, kas radies kādā vienā muskuļu šķiedras vietā, izplatās pa visu šķiedru. Sakarā ar to, ka muskuļu šķiedras savā starpā atdalītas ar sarkolemmu, uzbudinājums nepāriet no vienas šķiedras

uz otru, izņemot sirds muskuli, kurā visas muskuļu šķiedras ir saistītas savā starpā.

Siltasiņu dzīvniekiem uzbudinājuma vilnis muskuļos izplatās ar ātrumu 12 ... 13 m/s, bet vārdes muskuļaudos — ar ātrumu 3 ... 4 m/s.

MUSKUĻU ELASTĪBA UN KONTRAKCIJU TONIS

Muskuļu elastība. Salīdzinājumā ar nedzīva elastīga ķermeņa, piemēram, atsperes plastiskām īpašībām muskulim ir novērojamas dažas īpatnības. Atsperes izstiepšanās, iekams tā nepārsniedz elastības robežu, notiek proporcionāli piekārtā ķermeņa smagumam. Arī muskuļu šķiedras var stiept, tām piemīt noteikta elastība un neliels plastiskums. Ja muskuli noslogo gareniskās ass virzienā, tas neizstiepjjas proporcionāli noslogojumam. Ja noslogojumu palielina, muskulis atšķirībā no metāla atsperes stiepjjas aizvien mazāk. Bez tam muskulis izstiepjjas ievērojami lēnāk nekā atspere. Ja atsperei noņem piekārtu smagumu, tā momentā saraujas un ieņem sākotnējo stāvokli. Noņemot muskulim visu pielikto smagumu, tas tūlīt gan saisinās, bet gluži sākotnējo garumu nesasniedz. Muskuļu spēju atjaunot sākotnējo formu un garumu pēc deformējošā spēka iedarbības sauc par **e l a s t ī b u**. Muskuļa elastība nav pastāvīga; pats muskuļa uzbudinājums vispirms jau izpaužas kā pārmaiņas muskuļa elastīgajās īpašībās.

Muskuļa elastībai ir liela nozīme ķermeņa kustībās. Sakarā ar to muskulis tiek pasargāts no pārrāvumiem, it sevišķi tajos gadījumos, kad muskuli pēkšņi un stipri mainās spraigums, piemēram pārvarot šķēršļus lēcienā.

Skeleta muskuļu plastiskums (ķermeņa spēja paturēt tiem piešķirto formu) dabiskos apstākļos ir niecīgs. Ļoti labi tā izteikta gludajiem muskuļiem, tāpēc dobo orgānu sienas pielāgojas pildījumam.

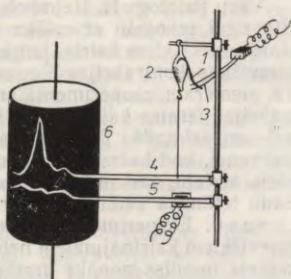
Muskuļu kontrakciju tonis. Ja ar stetoskopu vai fonendoskopu auskultē muskuli kontrakcijas stāvoklī, dzirdama zema un dobja skaņa, kas saklausāma visā kontrakcijas laikā. Šo muskuļu kontrakcijas toni rada muskuļu šķiedru svārstības. Tās rodas, muskulim pārejot no atslābuma stāvokļa spraiguma (kontrakcijas) stāvoklī.

MUSKUĻU KONTRAKCIJU VEIDI

Muskuļaudu raksturīga īpašība ir to kontrahēšanās **s p ē j a**. Muskulim nonākot uzbudinājuma stāvoklī, tā šķiedras saīsinās un kļūst resnākas.

MUSKUĻU ATSEVIŠKĀ KONTRAKCIJA

Ja muskuli kairina ar vienu, pietiekami stipru indukcijas strāvas impulsu, tad muskulis ātri saraujas. Šādu saraušanos sauc par atsevišķu kontrakciju. Atsevišķu kontrakciju iespējams reģistrēt eksperimenta apstākļos. Muskulu specifisko funkciju pētījumiem lieto klasisko nerva—muskula preparātu, ko pagatavo no vārdes ikru muskuļa (*m. gastrocnemius*) un sēžas nerva (*n. ischiadicus*). Preparātu nostiprina īpašā ierīcē — miogrāfā. Muskulis kontrahējoties paceļ miogrāfa rakstītājsviru, kas reģistrē kontrakciju uz ātri rotējoša kimogrāfa cilindra liknes veidā (51. att.).



51. att. Muskula kontrakciju reģistrācija:

1 — nervs, 2 — muskulis, 3 — elektrodi, 4 — miogrāfa rakstītājsvira, 5 — laika atzīmētājs, 6 — kimogrāfs.

Atsevišķās kontrakcijas liknē izšķir trīs daļas: 1) latentu periodu — no kairinājuma momenta līdz kontrakcijas sākumam, 2) muskuļa saraušanos un 3) muskuļa atslābšanu.

Muskuļa atsevišķās kontrakcijas ilgums dažādiem dzīvniekiem, kā arī viena un tā paša dzīvnieka dažādiem muskuļiem nav vienāds. Aukstasiņu dzīvniekiem atsevišķas muskuļa kontrakcijas ilgums var sasniegt 1 s, bet vairumam siltasiņu dzīvnieku tas ir $< 0,1$. Muskuļa atsevišķās kontrakcijas ilgums ir atkarīgs no vielu maiņas procesiem muskulī, apkārtnējās vides temperatūras, kā arī no muskuļa funkcionālā stāvokļa.

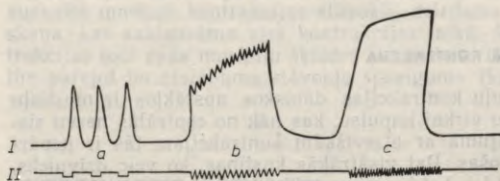
Kontrakciju summācija. Ja muskuli kairina ar diviem vai vairākiem indukcijas strāvas impulsiem, kuri seko cits citam pēc 0,05 s (muskuļa saīsināšanās laiks), tad otra kontrakcija un nākamās kontrakcijas sākas no iepriekšējās galotnes un ir daudz augstākas par pirmo. Šādu kontrakcijas veidu sauc par superpozīciju.

MUSKUĻU TETĀNISKĀ KONTRAKCIJA

Skeleta muskuļu kontrakcijas dabiskos apstākļos ir muskuļu reakcija uz veselu virkni impulsu, kas nāk no centrālās nervu sistēmas. Salīdzinājumā ar atsevišķām kontrakcijām tās ir nepārtrauktas un ilgstošas. Pat visātrākās kustības, ko veic dzīvnieki, ilgst vairāk par 0,1 s, bet ķermeņa (vidukļa) un ekstremitāšu muskulatūras nepārtraukts spraiguma stāvoklis var turpināties pat stundām ilgi. Šādu ilgstošu muskuļa kontrakciju, ko izraisa muskulim pienākošie biežas frekvences impulsi, sauc par tetānisku kontrakciju jeb tetānusu.

Vācu fiziologs H. Helmholcs (1847) izskaidroja tetānusu kā ātri citu citai sekojošu atsevišķu kontrakciju ģeometrisku summu. Ja starp atsevišķiem kairinājumiem pāiet laika periods, kas pārsniedz atsevišķas kontrakcijas ilgumu, tad rodas atsevišķa kontrakcija. Tā, piemēram, eksperimentā ar vārdes ikru muskuli atsevišķas kontrakcijas izraisa kairinājumi, kuru frekvence ir mazāka par 10 impulsiem sekundē. Turpretī, ja impulsi muskulim pienāk ar tādu frekvenci, kad katrs no tiem sakrīt ar momentu, kad muskulis jau sācis atslābt, tad muskuļa kontrakcijas liknē novērojami zobīņi. Šādu tetānusa veidu sauc par zobaino jeb nepilnīgo tetānusu. Eksperimentā ar vardi nepieciešams, lai intervāls starp atsevišķiem kairinājumiem nebūtu garāks par 0,1 s, citādi katrs nākamais impulss nonāks muskulī, kad kontrakcija jau izbeigusies. Savukārt intervāls nedrīkst būt īsāks par 0,05 s, jo tad katrs nākamais impulss nonāks muskulī tā saīsināšanās periodā. Tādējādi, izraisot zobaino tetānusu vārdes muskulī, kairinājumu frekvencei jābūt robežās no 10 līdz 20 vienā sekundē. Ja kairinājumu frekvence ir tik liela, ka katrs nākamais kairinājums muskulim pienāk tad, kad tas vēl nav sācis atslābt, bet refraktārais periods ir jau beidzies, tad muskulī no jauna rodas uzbudinājums, un visu kairinājuma laiku tas paliek kontrakcijas stāvoklī. Reģistrējot šo kontrakciju uz kimogrāfa, iegūst stāvu likni ar gludu galotni (52. att.). Šādu tetānisku kontrakciju sauc par gludo jeb pilnīgo tetānusu. Vārdes ikru muskulim gludo tetānusu rada kairinājumu frekvence, kas ir lielāka par 20 kairinājumiem sekundē.

N. Vedenskis pierādījis, ka tetāniskā kontrakcija tomēr nav uzskatāma par atsevišķu kontrakciju summu. Viņš izpētījis, ka pastāv optimālais kairinājuma stiprums un arī optimālā kairinājumu frekvence, kurā iegūst vislielāko tetānusu. Turpretī ļoti stipri vai ļoti frekventi kairinājumi rada daudz zemāku tetānusu. N. Vedenskis konstatējis, ka vislabākā kairinājumu frekvence, lai iegūtu vārdes ikru muskuļa gludo tetānusu, ir 100 kairinājumu sekundē. Šādā frekvencē katrs nākamais kairinājums nonāk muskulī tad, kad re-



52. att. Muskuļa kontrakcijas, kairinot to ar dažādas frekvences indukcijas strāvu:

I — muskuļa kontrakciju likne, II — kairinājumu frekvences atzīme, a — atsevišķas kontrakcijas, b — zobainais tetānuss, c — gluda tetānuss.

fraktārais periods ir jau beidzies. Biežāk kairinot (līdz 150 kairinājumiem sekundē), tetānuss pazeminās. Ja kairinājuma frekvenci atkal samazina līdz 100 kairinājumiem sekundē, tetānuss atgriežas iepriekšējā augstumā. To pašu var novērot arī tad, ja maina nevis kairinājumu frekvenci, bet kairinājumu stiprumu.

Tādējādi N. Vedenskis noskaidrojis, ka vidēji stipri, ritmiski jeb periodiski kairinājumi rada vislielāko tetānusu, jo katrs nākamais kairinājums iekrīt paaugstinātas uzbudināmības — eksaltācijas fāzē, kas iestājas pēc iepriekšējas kontrakcijas, un tāpēc muskulis atbild ar spēcīgāku kontrakciju.

Kontraktūra. Atsevišķos gadījumos ir novērojama ilgstoša, krampjveida, neatgriezeniska muskuļu kontrakcija, ko sauc par kontraktūru. Kontraktūra var rasties, ja muskuļos ir traucēta vielu maiņa. Kontraktūru var ierosināt arī dažas indes vai toksīni. Eksperimentāli šādu kontrakciju var izraisīt, ja muskuli ilgstoši kairina. Ipašs kontraktūras veids ir liķa stingums, kas iestājas pēc nāves.

MUSKUĻU IZOMETRISKĀ UN IZOTONISKĀ KONTRAKCIJA

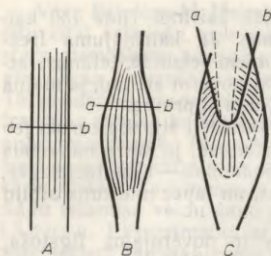
Muskuļu kontrakcijas ir izotoniskas un izometriskas. Ja muskulis, nonākot uzbudinājuma stāvoklī, saīsinās (nemainot spraugumu jeb tonusu), tad kontrakcija ir izotoniska. Turpretī par izometrisku sauc kontrakciju, kad muskulis uzbudinājuma stāvoklī nesaīsinās, bet sasprindzinās. Šāda kontrakcija novērojama muskuļu statiska darba apstākļos, piemēram, turot smagumu nekustīgā stāvoklī.

Tomēr parasti organismā jāsastopas ar tādiem kustību veidiem, kuros muskulis daļēji kontrahējas izotoniski, daļēji — izometriski. Tā, piemēram, sirds muskuļa kontrakcija sākumā ir izometriskā, muskulis sasprindzinās, bet nesavelkas; nākamajā fāzē, muskulim savelkoties, kontrakcija notiek izotoniski.

MUSKUĻU DARBS

Muskuļu darbu nosaka galvenokārt muskuļu spēks un to kontrakciju lielums. Pētot muskuļu kustību funkcijas, formulēti divi nozīmīgi muskuļu mehānikas principi: 1) muskuļa spēks ir proporcionāls tā šķērsgriezumam; 2) kontrakcijas lielums ir proporcionāls muskuļu šķiedru garumam. Liela nozīme muskuļu darbā ir arī muskuļa kontrakcijas ātrumam, kas ievērojamā mērā nosaka kustību ātrumu.

MUSKUĻA SPĒKS



53. att. Fizioloģiskais šķērs griezumus muskuļiem ar dažādu šķiedru novietojumu:

A — muskulis ar paralēlām šķiedrām, B — vārpstveida muskulis, C — spalvveida muskulis, ab — šķiedru šķērs griezumuma līnija.

Muskuļa spēku nosaka masa, ko muskulis spēj noturēt maksimālā uzbudinājuma laikā nesavelkoties un neizstiepjoties. Resnās muskuļu šķiedras spēj attīstīt lielāku spraigumu nekā tievās. Muskuļa spēks ir atkarīgs no visu tajā ietilpstošo muskuļu šķiedru šķērs griezumuma. Jo vairāk šķiedru ietilpst muskulī, jo lielāks ir tā spēks.

Muskuļa savilkšanās spēju raksturošanai liela nozīme ir muskuļa absolūtā spēka lielumam. Par muskuļa absolūto spēku sauc muskuļa maksimālā spēka lielumu, kas attiecināts uz 1 cm²

muskuļa fizioloģiskā šķērs griezumuma. Absolūtā spēka noteikšanai izmērītais maksimālais muskuļa spēks jādala ar muskuļa fizioloģiskā šķērs griezumuma laukumu.

Jāatzīmē, ka muskuļa fizioloģiskais diametrs (šķērs griezumuma laukums perpendikulāri visām muskuļa šķiedrām) parasti nesakrīt ar anatomisko diametru (šķērs griezumuma laukums caur muskuli). Fizioloģiskais diametrs vienāds ar anatomisko diametru tikai tiem muskuļiem, kuru šķiedras iet paralēli vai vārpstveidīgi (53. att.). Tomēr vairumam muskuļu šķiedru virziens ir sarežģītāks, piemēram, spalvveida, vēdekļveida utt. Šādos gadījumos fizioloģiskais šķērs griezumums var vairākkārt pārsniegt anatomisko šķērs griezumumu.

Muskuļa spēku, kas izteikts kilogramos uz muskuļa vienu fizioloģiskā šķērs griezumuma kvadrātcentimetru, sauc par muskuļa īpašā jeb relatīvo spēku. So rādītāju var lietot dažādu muskuļu spēka salīdzināšanai.

MUSKUĻU KONTRAKCIJU LIELUMS (STIPRUMS) UN DERĪGAIS (DINAMISKAIS) DARBS

Tā kā muskuļu kontrakciju lielums ir proporcionāls muskuļu šķiedru garumam, tad spēcīgāk kontrahējas no garām, paralēlām šķiedrām veidotie muskuļi. Turklāt muskuļa kontrakcijas lielums palielinās, ja muskulis pirms tam bijis izstiepts. Fizioloģijā muskuļu mehānisko darbu A aprēķina tāpat kā fizikā, reizinot pacelto svaru P ar pacelšanas augstumu h , un izsaka kG·m vai G·mm:

$$A = P \cdot h \text{ (kG} \cdot \text{m vai G} \cdot \text{mm)}.$$

Noslogojot izolētu muskuli ar pieaugošu svaru, var noteikt, ka veiktais darbs nepalielinās proporcionāli pieliktajam svaram. Eksperimentāli pierādīts, ka muskulis veic vislielāko darbu, ja ir vidēja (optimāla) slodze. Muskuļa noslogojumu palielinot vēl vairāk, veikta darba apjoms samazinās.

Jāatzīmē, ka veselā organismā muskuļu veiktais darbs ir atkarīgs arī no nervu sistēmas funkcionālā stāvokļa un citiem apstākļiem.

MUSKUĻU NOGURUMS

Muskuļa darba spēju pazemināšanos, kas iestājas ilgstošā darbā, sauc par **n o g u r u m u**. Izolētā muskulī noguruma pazīmes var novērot, muskuli atkārtoti kairinot ar biežas frekvences kairinātājiem. Šāda eksperimenta gaitā pakāpeniski samazinās muskuļa kontrakciju spēks.

Noguruma parādības izskaidrotas ar dažādām teorijām. Tā, piemēram, viena no tām pieņem, ka muskuļa nogurums iestājas, izsīkstot enerģētiskajiem resursiem (ATF, glikogēnam, fosfātiem) muskulī. Saskaņā ar citu teoriju noguruma pamatcēlonis ir vielmaiņas produktu, piemēram, pienskābes un citu metabolītu uzkrāšanās muskulī. Kaut gan šie procesi paātrina noguruma iestāšanos, tomēr ar tiem nevar izskaidrot muskuļu nogurumu.

Noguruma iestāšanās ir saistīta ar muskuļu fizioloģisko īpašību, t. i., uzбудināmības un labilitātes pārmaiņām. Iestājoties nogurumam, ielgst latentais periods un pazeminās muskuļa labilitāte. Eksperimentā ar vārdes muskuli noguruma parādības iestājas daudz lēnāk, ja muskuli kairina tieši, piemēram, pievienojot muskulim elektrodus. Tā kā nervs ir praktiski nenogurdināms, tad noguruma attīstība ir saistīta ar pārmaiņām nerva gala plātņiņu funkcionālajā stāvoklī, jo to labilitāte ir zemāka nekā muskuļu šķiedrām. Jādomā, ka muskuļa kontrakcijas var izbeigties jau pirms noguruma iestāšanās pašās muskuļa šķiedrās sakarā ar pārmaiņām nerva gala plātņiņu ķīmiskajos procesos.

Liela nozīme muskuļa darba spēju saglabāšanā ir simpātiskajai nervu sistēmai. Nogurušam muskulim atjaunojas kontrahēšanās spēja, ja kairina tā simpātisko nervu šķiedras. Izrādās, ka impulsi, kas pienāk muskulim pa simpātiskajām šķiedrām, pielāgo atbilstošām vajadzībām muskulī notiekošos vielmaiņas procesus. Šādu simpātiskās nervu sistēmas ietekmi sauc par **a d a p t ī v i t r o f i s k o** (L. Orbeli).

Galvenā nozīme vispārējā noguruma izcelsmē (sakarā ar fizisko un garīgo piepūli) ir centrālajai nervu sistēmai ar tās vadošo daļu — galvas smadzeņu lielo puslōžu garozu.

N. Vedenskis noskaidrojis, ka nogurums vispirms iestājas nevis muskulī, bet nervu sistēmā. To var pierādīt eksperimentāli, ja muskuļa kontrakcijas izraisa reflektoriski, kairinot divus dažādus

centrtieces nervus. Noguruma iestāšanās muskuli panāk, ilgāku laiku kairinot vienu nervu. Tiklīdz iestājas nogurums, sāk kairināt otru nervu. Muskulis no jauna atbild ar sākotnējā stipruma kontrakciju. Bez tam nervu sistēma ietekmē muskuļa darba spējas arī netieši, sašaurinot un paplašinot asinsvadus un mainot muskuļiem pieplūstošās asins daudzumu.

I. Sečenovs pierādīja, ka svarīga nozīme muskuļu ilgstošas darbības uzturēšanā ir nervu centru funkcionālajam stāvoklim. Tā I. Sečenovs, reģistrējot ar speciālu paša konstruētu aparātu (ergogrāfu) rokas saliekšanas kustības elkoņa un plaukstu locītavās, konstatējis, ka, saliecot roku noteiktā ritmā, pēc attiecīga laika iestājas nogurums. Ja šajā momentā sāk nodarbināt otru roku, tad atjaunojas pirmās rokas nogurušo muskuļu spēja savilkties; šis jaunais kairinājums izraisa impulsus, kas pa attiecīgajiem aferentajiem nerviem nonāk centrālajā nervu sistēmā un paaugstina to nervu šūnu uzbudināmību, kurās jau iestāties nogurums. Tādējādi I. Sečenovs pirmais pierādīja aktīvās atpūtas fizioloģisko nozīmi.

ĶĪMISKIE UN ENERĢĒTISKIE PROCESI MUSKUĻOS KONTRAKCIJU LAIKĀ

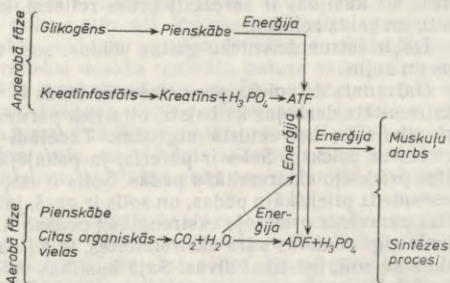
Muskuļu spēju kontrahēties nosaka to kontraktīlā olbaltumviela — aktomiozīns (olbaltumvielu aktīna un miozīna komplekss, kas ietilpst miofibrillās). Muskulim pienākošo nervu impulsu ietekmē aktomiozīns maina savu fizikālo stāvokli savstarpējās ķīmiskās iedarbības rezultātā ar adenozintrifosfāta tipa savienojumiem, kas bagāti ar enerģiju (V. Engelhardts, M. Ļubimova u. c.; 1939—1942). Noteiktā K^+ un Mg^{2+} jonu koncentrācijā aktomiozīna micellas mijiedarbībā ar ATF stipri savelkas, tādēļ muskuļu šķiedra kontrahējas. Aktomiozīns, arī miozīns, fizikāli pārmainoties, sašķel adenozintrifosfātu (ATF) un veido adenozīndifosfātu (ADF), adenozinmonofosfātu jeb adenilskābi un fosforskābi.

ATF defosforilēšanās reakcija notiek, atbrīvojot lielu enerģijas daudzumu: 48 148,2 ... 50 241,6 J (11,5 ... 12 kcal) uz vienu H_3PO_4 molu, kas tiek izlietots darba veikšanai. Jāatzīmē, ka tikai 30% muskuļi atbrīvotās ķīmiskās enerģijas pārvēršas mehāniskajā enerģijā — darbā, turpretī pārējā (70%) — pāriet siltuma enerģijā.

Muskuļu kontrakciju laikā ATF ātri izlietojas, tādēļ ilgstošai muskuļu darbībai ir vajadzīga tās resintēze. ATF resintēze no ADF ir saistīta ar dažādiem enerģiju radošiem ķīmiskiem procesiem.

Pēc adenozintrifosfāta sašķelšanās arī kreatīnfosfāts šķeļas kreatīnā un fosforskābē, atbrīvojot arī attiecīgu enerģijas daudzumu. Savukārt fosforskābe savienojas ar glikogēnu un veido heksozofosfātus, kas pēc tam pārvēršas pienskābē un fosforskābē. Visas šīs reakcijas notiek anaerobos apstākļos, t. i., bez skābekļa klātbūtnes.

Ķīmiskās pārvērtības muskuļos darba laikā



Enerģija, kas atbrīvojas, sašķeloties kreatīnfosfātam, tiek izlietota ATF resintēzei (no adenilskābes un fosforskābes), bet enerģija, kas rodas heksozofosfātu noārdīšanās procesā, tiek izlietota kreatīnfosfāta resintēzei (no kreatīna un fosforskābes). Tādējādi ATF un kreatīnfosfāts ir pilnīgi resintezēti, un to daudzums muskuļu darbā tikpat kā nemainās. Samazinās tikai glikogēna krājumi, kas sašķeļas līdz pienskābei.

Tālākajām reakcijām, kas norisinās muskulī, nepieciešams skābeklis. Skābekļa klātbūtnē (aerobā fāzē) sākas pienskābes oksidēšanās līdz ogļskābajai gāzei un ūdenim. Aerobās fāzes laikā oksidējas tikai $\frac{1}{3}$ pienskābes, pārējās $\frac{2}{3}$ pārvēršas atkal glikozē, bet pēc tam glikogēnā, izlietojot enerģiju, kas atbrīvojas, oksidējoties $\frac{1}{3}$ pienskābes.

Ķīmiskās pārvērtības, kas norisinās muskuļos darba laikā, atēlotas shēmā.

Tādējādi aktomiozīna darbībai nepieciešamās enerģijas avots ir ATF šķelšanās, bet ogļhidrātu šķelšanās rezultātā atbrīvotā enerģija ir fosfātu enerģētiskās bilances atjaunošanās avots.

KUSTĪBU FIZIOLOĢIJA

KUSTĪBU VEIDI

Katrā ķermeņa kustībā, kā arī stāvēšanas aktā piedalās vesela virkne muskuļu, kontrahējoties vai nu vienlīdzīgi, vai arī noteiktā secībā.

Izejas stāvoklis, no kura sākas kustība, ir stāvēšana. Stāvēšanas aktā darbojas vidukļa un ekstremitāšu muskuļi. Šis — t. s. statiskais darbs izpaužas attiecīgās muskulatūras ilgstošā toniskā spraigumā. Stāvēšana rada samērā intensīvu enerģijas patēriņu. Jāatzīmē, ka līdzsvara noturēšanai dzīvniekam nepieciešams mazāks muskuļu spraigums nekā cilvēkam.

Dažas kustības dzīvnieki veic uz vietas: noguļas, pieceļas utt. Visas šīs kustības ir sarežģīti ķēdes refleksi, kuru pamatā ir labirintu un kakla refleksi.

Izšķir četrus dzīvnieku gaitas veidus: soli, aidinieka gaitu, rikšus un auļus.

Galvenais dzīvnieka pārvietošanās veids ir **s o l i s**, kurā viena ekstremitāte darbojas kā balsts, otra tiek pārnesta uz priekšu, trešā arī atbalstās, bet ceturtā atgrūžas. Tādējādi ķermenis tiek pārsviests uz priekšu. Solis ir pareizs, ja pakalējās ekstremitātes nokļūst priekšējo ekstremitāšu pēdās. Solis ir īss, ja pakalējās pēdas nesasniedz priekšējās pēdas, un solis ir garš, ja pakalējās ekstremitātes pārsniedz priekšējo ekstremitāšu pēdas. **A i d i n i e k a g a i t ā** vienlaicīgi piedalās pāra ekstremitātes, tādēļ nav dzirdamas četras taktis kā solī, bet tikai divas. Šajā kustības veidā smaguma centrs pārvietojas gan uz vienu, gan uz otru pusi. **R i k š o s** ekstremitāšu kustības norisinās ātrāk un samērā vienmērīgi. Zirgam rikšojot, solu platums sasniedz 3,3 m un pārvietošanās ātrums ir 14 ... 18 km stundā. **A u ļ o s** solu garums vēl vairāk palielinās (3 ... 8 m). Virzīšanās spēks auļos rodas, atgrūžoties vienai no pakalējām ekstremitātēm. Auļos kustību ātrums sasniedz > 1 km minūtē.

Visi gaitas veidi ir salikti reflektoriski akti, ko dzīvnieki apgūst treniņā.

Sarežģīts dzīvnieku kustības veids ir **l ē c i e n s**, kas, tāpat kā citi gaitas veidi, tiek izkopts treniņos. Šis kustību veids labi izteikts zirgam, kas spēj pārvarēt šķēršļus, lecot no jebkura gaitas veida. Atraujoties no zemes lēcienā, kā arī nolēcot uz zemes, ekstremitātēm jābūt noteiktā stāvoklī. Šo ekstremitāšu stāvokli, kas saistīts ar muskuļu tonusu, nodrošina galvenokārt galvas stāvoklis. Savukārt normālu galvas stāvokli regulē impulsi, kas nāk no labirintiem un kakla muskuļu receptoriem.

TONISKIE REFLEKSI

Kā jau minēts, skeleta muskuļi, neveicot nekādu redzamu darbu, nepārtraukti atrodas attiecīgā spraiguma stāvoklī, resp., tonusā. Šo skeleta muskulatūras tonusu, kas vajadzīgs normāla ķermeņa stāvokļa noturēšanai, rada **t o n i s k i e r e f l e k s i**.

Toniskos refleksus izraisa ķermeņa vai to daļu, piemēram, galvas stāvokļa maiņa. Ar galvas kustībām ir saistītas muskuļu tonusa pārmaiņas ekstremitātēs. Tonisko refleksu centri atrodas iegarenajās smadzenēs, bet reflektoriskais loks sākas vai nu ar iekšējās auss labirintiem, vai arī ar kakla muskuļu receptoriem.

Iekšējās auss labirintos atrodas kristāliski kalcija fosfāta veidojumi — **o t o l ī t i**, kas fiksēti nervu šūnu matiņos. Mainoties galvas stāvoklim, otolīti izstiepj nervu šūnu matiņus un tādējādi kairina nervu šūnas. Impulsi, kas rodas, kairinot nervu šūnas, plūst pa vestibulāro nervu uz iegareno smadzeņu Deitersa kodolu un tālāk pa

centrbēdzes nerviem iet uz kakla muskuļiem. Šī impulsa plūsma, pārkartojot atsevišķo kakla muskuļu tonusa sadalījumu, reflektoriiski uztur normālu galvas stāvokli. Refleksi no otolitu aparāta izraisa pārmaiņas kakla, vidukļa un ekstremitāšu muskuļu tonusa sadalē. Parasti šie refleksi nosaka normālu tonusa sadali starp vidukļa un ekstremitāšu muskuļiem un nodrošina ķermeņa pozas simetriju. Labirintu iznīcināšana vienā pusē samazina ķermeņa pretējās puses muskuļu tonusu, tādējādi muskuļu tonuss abās ķermeņa pusēs nav vairs līdzsvarots, un viduklis saliecas uz to pusi, kurā iznīcināti otolīti. Iznīcinot labirintus abās pusēs, toniskie labirintu refleksi izzūd pilnīgi.

Toniskos kakla refleksus izraisa kakla muskuļu proprioceptoru kairinājums, kas saistīts ar galvas kustībām. Ja dzīvniekam noliec galvu, tad priekšējo ekstremitāšu ekstensoru tonuss pamazinās un tās saliecas, bet pakalējās ekstremitātes izstiepjās. Turpretī, atliecot galvu atpakaļ, priekšējo ekstremitāšu ekstensoru tonuss pastiprinās un tās izstiepjās, bet pakalējās ekstremitātes saliecas, jo to ekstensoru tonuss samazinās. Pagriežot dzīvnieka galvu uz sāniem, pagustinās ekstensoru tonuss tās puses ekstremitātēs, uz kuru pagriezta galva, bet pretējās puses ekstremitātēs ekstensoru tonuss samazinās, un tās saliecas. Šajos eksperimentos kakla muskuļu receptoru kairināšanas rezultātā rodas impulsi, kas ar iegareno smadzeņu centru starpniecību rada pārmaiņas ekstremitāšu muskuļu tonusā. Ja kokla apvidū pārgriež muguras smadzeņu dorsālās saknītes, pa kurām pienāk impulsi no kakla muskuļu receptoriem, tad šie toniskie kakla refleksi izzūd.

Tādējādi normālu tonusa sadali ķermeņa muskuļos nosaka galvas stāvoklis, ko savukārt reflektoriiski regulē impulsi no iekšējās auss labirintiem un kakla muskuļu proprioceptoriem. Toniskos kakla un labirintu refleksus vislabāk var novērot decerebrātiem dzīvniekiem, jo parastos apstākļos šos refleksus maskē impulsi, kas nāk no galvas smadzeņu lielo pusložu garozas.

KUSTĪBU KOORDINĀCIJA

Katrā kustībā, lai arī cik vienkārša tā liktos, vienmēr piedalās daudzi muskuļi, kas kontrahējas vienlaicīgi vai arī noteiktā secībā. Visas augstāko dzīvnieku kustības noris koordinēti, saskaņoti. Dzīvnieku kustību pamatā ir sarežģītas uzbudinājuma un kavējuma procesus savstarpējās attiecības nervu centros. Pat visniecīgākās kustībās vienlaicīgi noris gan uzbudinājums, t. i., kontrakcija attiecīgajā muskulī, gan atslābums jeb kavējums citos muskuļos. Svarīgākais kustību koordinācijas uzdevums ir izslēgt no reakcijas tās muskuļu grupas, kuru kontrakcijas kavē attiecīgās kustības norisi, piemēram, ekstremitātes saliekšanas laikā atslābst tās ekstensori. Muskuļu kontrakciju maiņas pamatā ir dažu nervu centru uzbudināmības paaugstināšanās, kas izraisa kavējuma procesu citos nervu

centros. Šādu parādību sauc par indukciju (analoģiski indukcijas parādībām elektriskajā laukā). Izšķir vienlaicīgu un seku indukciju. Indukcija ir vienlaicīga, ja viena nerva centra uzbudinājums ierosina kavējumu otrā centrā. Turpretī par seku jeb paliekošo indukciju sauc stāvokli, kad pēc reflektoriskā akta izbeigšanās uzbudinājumu nervu centrā nomaina kavējuma process vai, otrādi, kavējumu nomaina uzbudinājums, piemēram, pēc muskuļu kontrakcijas iestājas muskuļu atslābums — un otrādi.

Lai kustības notiktu koordinēti, nepieciešamas noteiktas attiecības muskuļu antagonistu un muskuļu sinerģistu darbībā. Antagonistu un sinerģistu muskuļu centros norisinās saskaņoti uzbudinājuma un kavējuma procesi, kas ritmiskās kustībās, piemēram, iešanas aktā, savstarpēji mainās.

Savstarpējās indukcijas attiecības pastāv starp visu četru ekstremitāšu muskuļu antagonistu nervu centriem. Tā, piemēram, uzbudinājums, kas radies labās priekškājas fleksoru nervu centrā, rada uzbudinājumu arī kreisās pakaļkājas fleksoru centrā un vienlaikus inducē kavējuma procesu šo divu ekstremitāšu ekstensoru nervu centros. Vienlaikus rodas kavējuma process kreisās priekškājas un labās pakaļkājas fleksoru centros. Šeit seku indukcijas dēļ uzbudinājuma un kavējuma apvidi savstarpēji mainās. Šādu muskuļu antagonistu darbību sauc par reciproko inervāciju. Antagonistisko nervu centru savstarpējā sakara principu pirmais noskaidroja N. Vedenskis.

Angļu fiziologs C. Seringtons šo principu lietoja muguras smadzeņu centru savstarpējās darbības noskaidrošanai. Nereti muskuļi antagonisti darbojas arī kā sinerģisti; tie darbojas saskaņoti, ja, piemēram, jāfiksē locītava, jākavē kustība vai jāmaina tās virziens.

Kustību refleksi realizējas ar muguras smadzeņu un galvas smadzeņu zemāko daļu starpniecību. Katrā kustību aktā ir pārmaiņus muskuļu tonusa sadalē, kas notiek ar iegareno smadzeņu, vidus-smadzeņu un mazo smadzeņu starpniecību.

Kustību akta augstākais regulētājs ir galvas smadzeņu lielo pusložu garoza. Ar tās starpniecību dzīvnieks var izmainīt antagonistu un sinerģistu muskuļu nervu centru savstarpējās attiecības. Mājdzīvnieku kustību funkcijas atšķirībā no cilvēka pirmām kārtām nodrošina ekstrapiramidālā sistēma. Sakarā ar to teļš vai kumeljš tūlīt pēc piedzimšanas var stāvēt un pārvietoties.

TRENIŅA FIZIOLOĢISKIE PAMATI

Treniņa uzdevums ir attīstīt kustību aparāta ātrumu, spēku un izturību, kā arī uzlabot elpošanas, asinsrites, izvadorgānu un citu sistēmu funkcionālās īpašības un koordinēt to darbību.

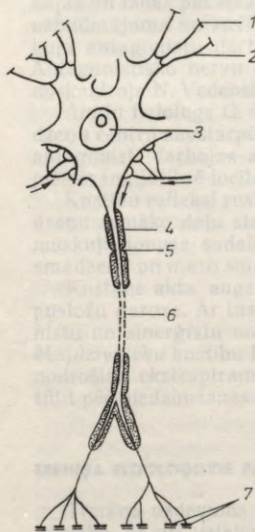
Trenēta dzīvnieka organismā visu orgānu darbība noris produktīvāk nekā netrenētiem dzīvniekiem. Sakarā ar sirds muskuļa attīstību trenētā organismā pastiprinās tās kontrakciju spēja. Tādējādi

XV. Nervu sistēmas fizioloģija

Nervu sistēma apvieno un regulē visu audu un orgānu darbību. Tā nosaka organisma saistību ar ārpusauli — piemērošanos vienmēr mainīgajiem ārējās vides faktoriem.

Nervu sistēmu iedala centrālajā un perifērajā sistēmā. Centrālo nervu sistēmu veido galvas un muguras smadzenes, bet perifēro — no smadzenēm atejošie nervi.

Sajā nodaļā iztīrāsīm galveno kārt tās nervu sistēmas funkcijas, kas netika apskatītas citās nodaļās.



54. att. Neirona shēma:

1 — sinapses, 2 — dendrīts, 3 — nervu šūnas ķermenis ar kodolu, 4 — mielinā apvalks, 5 — Ravnje iezmauga, 6 — neirīts, 7 — receptori.

NERVU ŠĶIEDRAS FIZIOLOĢIJA

Nervu sistēmas struktūras pamatelements ir neirons — nervu šūna, kurai ir daudz īsu, stipri zarotu izaugumu — dendrītu un viens garš, maz zarots izaugums — neirīts jeb aksons (54. att.). Neirīts ietverts plānā apvalkā (neirilemmā), zem kura atrodas kodoli. Pa aksonu visā garumā stiepjas ļoti tievas šķiedriņas — neurofibrillas, kas dažādos virzienos šķērso arī nervu šūnas ķermeni un dendrītus. Vairumam aksonu blakus neirilemmai ir vēl blīvs mielīna apvalks, ko veido lipoīdi. Nervu izaugumus, ko klāj šāds mielīna apvalks, sauc par mielinizētām šķiedrām. Īsie izaugumi (dendrīti) saista atsevišķas nervu šūnas. Neirīts jeb aksons turpēti stiepjas no galvas vai muguras smadzenēm līdz atiecīgam orgānam. Atsevišķi neirīti savienojoties veido nervu šķiedru,

kas vada uzbudinājumu vai nu uz centrālo nervu sistēmu (afērentās nervu šķiedras), vai arī otrādi — no centrālās nervu sistēmas (eferentās nervu šķiedras). Nervu sastāvā parasti ietilpst kā afērentās, tā arī eferentās nervu šķiedras. Tā, piemēram, muguras smadzeņu nervos ir afērento šķiedru kūliši, kas pievada muguras smadzenēm impulsus no muskuļiem, ādas, asinsvadiem un iekšējiem orgāniem, kā arī eferento šķiedru kūliši, kas vada impulsus no muguras smadzenēm uz muskuļiem, ādu, asinsvadiem un citiem orgāniem un audiem.

NERVU ŠĶIEDRU FUNKCIJAS

Uzbudinājuma vadīšana nervu šķiedrās

Nervu šķiedras galvenā funkcija ir uzbudinājuma vadīšana. Kā jau teikts, nervu šķiedras vada impulsus vai nu no centrālās nervu sistēmas uz gala orgāniem, vai arī no receptoriem uz centrālo nervu sistēmu. Veselā organismā pašā nervu šķiedrā impulsi nerodas. Uzbudinājuma rašanās nervā novērojama tikai eksperimentāli, ja nervu šķiedru mākslīgi kairina.

Uzbudinājuma vadīšana nervu šķiedrā ir pakļauta vairākiem likumiem.

1. Nervu šķiedra ir uzbudināma jebkurā punktā, un tā no kairinājuma vietas spēj vadīt uzbudinājumu abos virzienos. So nervu šķiedru funkciju sauc par uzbudinājuma divvirzienu vadīšanu. Tas apstāklis, ka veselā organismā afērentajās nervu šķiedrās impulsi tomēr izplatās tikai nervu centru virzienā, izskaidrojams ar sinapšu (neironu kontakta vietu) fizioloģiskajām īpašībām, kas impulsus vada tikai vienā virzienā.

2. Impulsi izplatās tikai pa vienu noteiktu nervu šķiedru, nepārejot uz citām nervu šķiedrām. So nervu funkciju apzīmē par izolētās vadīšanas likumu.

3. Impulsus vada tikai anatomiski veselas nervu šķiedras. Ja nervu pārgriež, pārsien vai saspiež, uzbudinājuma vadīšana kļūst neiespējama. Tomēr impulsus nespēj vadīt arī anatomiski veselas nervu šķiedras, ja traucētas to fizioloģiskās funkcijas, piemēram, kokaīna ietekmē impulsu vadīšana nervā kļūst neiespējama.

Uzbudinājuma impulsu vadīšanas ātrums dažādās nervu šķiedrās nav vienāds. Visātrāk impulsus vada motorie nervi (līdz 120 m/s), bet vislēnāk — tievās veģetatīvās nervu šķiedras (0,7 ... 1,3 m/s). Uzbudinājuma vadīšanas ātrums nervu šķiedrās ir atkarīgs no vielu maiņas intensitātes nervos; vielu maiņas procesiem pastiprinoties, impulsu vadīšanas ātrums pieaug.

Ja nervu šķiedru pārgriež, tad no nervu šūnas atdalītā daļa pakāpeniski pārveidojas un pilnīgi zaudē uzbudināmību (deģenerējas). Pārgrieztā nerva centrālais gals, kas saglabājis sakarus ar

nervu šūnu, ir dzīvotspējīgs un sāk pamazām reģenerēties; centrālās daļas miofibrillas sāk augt nerva perifērā gala virzienā. Nervu šķiedru reģenerācija notiek lēni (apmēram 1 ... 4 mm diennaktī).

Nervu šķiedru uzbudināmība, labilitāte un nenogurdināmība

Uzbudināmība un labilitāte. Dažādām nervu šķiedrām uzbudināmība un labilitāte nav vienādas. Nerviem, kas ātrāk vada impulsus, piemēram, motorajām šķiedrām, uzbudināmība ir augstāka nekā tiem nerviem, kuriem impulsu vadīšanas ātrums ir mazāks.

To pašu var teikt arī par nervu šķiedru labilitāti. Nervi, tāpat kā muskuļi, pēc uzbudinājuma izbeigšanās uz noteiktu laiku zaudē uzbudināmību, jo iestājas refraktārais periods. Nervu šķiedrām, kas ātrāk vada uzbudinājumu, piemēram, motoro nervu šķiedrām, absolūtā refraktārā fāze ir īsāka nekā simpātiskajām šķiedrām, kuru impulsu vadīšanas ātrums ir mazāks. Tādējādi motorajām nervu šķiedrām ir lielāka labilitāte (to labilitāte ir 2000, jo pa šiem nerviem vienā sekundē var iziet 2000 impulsu).

Pēc uzbudinājuma izbeigšanās nervu šķiedru uzbudināmība ir zināmu laiku paaugstināta, kas atvieglo nākamā impulsa vadīšanu.

Nenogurdināmība. Jau 1883. gadā N. Vedenskis pierādīja, ka nervs praktiski ir gandrīz nenogurdināms. Eksperiments ar muskuļa—nerva preparātu N. Vedenskis ilgstoši kairināja nervu, pie tam tādējādi, lai uzbudinājuma vilnis bloķētos nervā un neietu uz muskuli (nelielam nerva apvidum laižot cauri līdzstrāvu), jo pretējā gadījumā būtu grūti spriest, vai muskuļa kontrakciju pavājināšanās rodas muskuļa vai nerva noguruma dēļ. Šajos pētījumos noskaidroja, ka pat pēc 9 ... 12 stundu ilga nepārtraukta nerva kairinājuma, pārtraucot nerva bloķēšanu, atkal no jauna varēja ierosināt muskuļa kontrakciju.

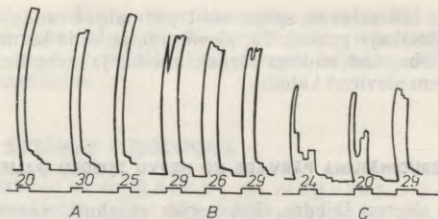
Tomēr ļoti ilgstoša kairinājuma rezultātā ir novērojamas dažas pārmaiņas nerva fizioloģiskajās īpašībās; pagarinās refraktārais periods, palēninās uzbudinājuma vadīšanas ātrums, samazinās biostrāvu stiprums u. c.

Parabioze

Dažādas narkotiskās vielas (kokaīns, ēteris u. c.), iedarbojoties uz kādu nerva apvidu, izraisa labilitātes samazināšanos nervā (N. Vedenskis). Ja pēc tam šim nerva apvidum raida cauri indukcijas strāvu, nervā novērojamas fizioloģisko funkciju pārmaiņas, kas norisinās trijās stadijās (55. att.). Pirmajā stadijā kā stiprie, tā vājie kairinājumi, kas ar dažādu ritmu un intensitāti iziet cauri funkcionāli pārmainītam (alterētam) apvidum, ierosina vienādi stipras muskuļa kontrakcijas. Šo stadiju sauc par *izlīdzinošo jeb transformācijas stadiju*. Vēlāk nerva vadāmība alte-

55. aff. Parabiozes stadijas miogramma:

A — reakcija līdz alterācijas sākumam, B — izlīdzinošā stadija, C — paradoksalā stadija. Skaitļi rāda kairinājuma stiprumu, kuru izsaka attālums starp indukcijas aparāta spolēm centimetros.



rētājā apvidū samazinās un kairinājums rada paradoksālu reakciju: vājie kairinājumi izraisa stipru muskuļa kontrakciju, bet stiprie — vāju atbildes reakciju vai arī muskulis uz tiem vispār nereaģē. Šo stadiju Vedenskis nosauca par *paradoksālo stadiju*. Beigās iestājas *kavējuma stadija*, kurā uzbudinājuma viļņi tiek pilnīgi aizturēti alterācijas vietā. Ja narkotiskās vielas iedarbību pārtrauc, tad nerva funkcionālais stāvoklis atkal atgriežas normā, izejot tās pašas stadijas pretējā kārtībā. Šādu nerva stāvokli, kad izzūd tā funkcionālās spējas, bet tās var atkal atjaunoties līdz normai, ja novērš apstākļus, kas tās rada, N. Vedenskis nosauca par *parabiozi* (grieķiski *para* — ap, *bios* — dzīvība).

Parabiozes parādību nervā var izraisīt arī ar skābju un sāļu šķīdumiem, augstu vai zemu temperatūru, ar mehāniskiem kairinājumiem, piemēram, nervu saspiežot, utt.

Parabioze ir normāla audu fizioloģiska reakcija uz kairinājumu. Attiecīgos apstākļos parabioze var pāriet arī patoloģiskā stāvoklī, kad atsevišķas tās stadijas ieilgst.

LĪDZSTRĀVAS IEDARBĪBA UZ AUDIEM

Kairinot audus ar līdzstrāvu, uzbudinājums tajos rodas tikai strāvas ieslēgšanas un izslēgšanas momentā. Turklāt strāvas ieslēgšanas momentā uzbudinājums rodas katoda pielikšanas vietā, bet izslēgšanas momentā — pie anoda. Katoda pielikšanas vietā pieaug arī audu uzbudināmība un impulsu vadišanas spēja, bet pie anoda šīs īpašības audos samazinās. Strāvu izslēdzot, novērojamas pretējas parādības. Pārmaiņas audu fizioloģiskajās īpašībās, kuras rodas līdzstrāvas ietekmē, sauc par *fizioloģisko elektrotonu* (elektrotonusu); uzbudināmības pārmaiņas pie katoda sauc par *katelektrotonu*, bet pie anoda — par *anoelektrotonu*.

Uzskata, ka uzbudināmības pazemināšanās pie anoda saistīta ar anjonu uzkrāšanos, bet uzbudināmības paaugstināšanās pie katoda — ar katjonu uzkrāšanos.

Līdzstrāvas spēju radīt pārmaiņas audu uzbudināmībā lieto klīniskajā praksē. Tā, piemēram, ja kādā ķermeņa daļā jāsamazina jutība, tad audiem pieliek anodu, ja uzbudināmība jāpaaugstina, tiem pievieno katodu.

UZBUDINĀJUMA PĀRVADE NO NERVU ŠĶIEDRU GALIEM UZ ORGĀNU

Nervu šķiedra, kas nonāk muskulī, sazarojas sīkākos zaros. Viena nervu šķiedra parasti inervē 3 ... 100 muskuļšķiedras. Nervu šķiedru galos atrodas sinapses, caur kurām uzbudinājums pāriet no nervu šķiedras uz inervējamām šūnām. Bez tam, kā jau minēts, sinapses atrodas arī atsevišķu nervu šķiedru kontakta vietās.

Sinapsēm ir virkne fizioloģisku īpatnību, ar ko tās atšķiras no nervu šķiedrām. Tās vada impulsus tikai vienā virzienā — no nerva uz orgānu, bet nekad pretējā virzienā. Sinapsēm ir maza labilitāte un relatīvi zema uzbudināmība. Tādējādi dabiskos apstākļos organismā sinapsēs visātrāk iestājas parabioloģiskie procesi, t. i., uzbudinājuma ritma transformācija un kavējums. Sinapsēs novērojama lēnāka impulsu vadīšana — *sinaptiskā aizture* (uzbudinājuma pārvadei sinapsē vajadzīgs tikpat daudz laika, kāds nepieciešams tā vadīšanai pa nervu 10 ... 20 cm garumā). Tādējādi, ja refleksa lokā ir daudz sinapšu, refleksa laiks manāmi pagarinās. Jāatzīmē, ka pirmie impulsi, kas nonāk sinapsē, paaugstina tās uzbudināmību un tādējādi atvieglo sekojošo impulsu vadīšanu. Šo parādību sauc par *ieslēdēšanu* (vieglināšanu).

Noskaidrots, ka uzbudinājuma vadīšanā no nervu galiem uz attiecīgu orgānu piedalās ķīmiskas vielas, kas veidojas nervu galos uzbudinājuma laikā sarežģītos bioķīmiskos procesos. Parasimpātisko nervu galos veidojas *acetilholīns*, simpātisko nervu galos — *simpatīns* (noradrenalīns). Tomēr daži simpātiskie nervi izdala nevis simpatīnu, bet acetilholīnu. Nervu šķiedras, kuras veido acetilholīnu, sauc par *holīnerģiskām*, bet šķiedras, kuras izdala simpatīnu, — par *adrenerģiskām*.

Acetilholīnu un simpatīnu uzskata par *mediatoriem* (starpniekiem), kas kairina efektoru šūnas un izraisa tajās uzbudinājumu, tādējādi veicinot impulsu vadīšanu no nervu galiem uz orgānu. Bez tam pastāv uzskats, ka uzbudinājuma vadīšana caur sinapsēm notiek, piedaloties elektrodzinējspēkiem. Noskaidrots, ka nervā uzbudinājuma laikā rodas pietiekami stipras biostrāvas, lai ierosinātu uzbudinājumu muskuļa, dziedera vai nerva šūnās. Tā, piemēram, nervā uzbudinājumu laikā rodas darbības strāvas, kas 25 reizes pārsniedz sliekšņa strāvu, ar kuru nervā iespējams ierosināt uzbudinājumu; nervu galos rodas darbības strāvas, kas saņem 100 milivoltus.

Jādomā, ka impulsu vadīšanā caur sinapsēm piedalās kā ķīmiskās vielas, tā biostrāvas. Iespējams, ka ķīmisko vielu iedarbības rezultātā palielinās sinapšu labilitāte, kas atvieglo impulsu vadīšanu ar biostrāvu starpniecību.

CENTRĀLĀS NERVU SISTĒMAS FIZIOLOĢIJA

Centrālo nervu sistēmu veido galvas un muguras smadzenes. Galvas smadzenēs izšķir stumbra daļu un pārklāju. Galvas smadzeņu stumbrā ietilpst iegarenās smadzenes, smadzenītes, smadzeņu (Varolija) tilts, vidussmadzenes un starpsmadzenes, bet pārklāju veido lielās puslodes, kurās izšķir garozas un zemgarozas daļu. Savukārt muguras smadzenēs izšķir kakla, krūšu, jostas un krustu nodalījumus.

Kā galvas, tā muguras smadzenes sastāv no pelēkās un baltās vielas. Pelēkā viela, tāpat kā gangliji, kas ir novietoti dažādās ķermeņa vietās, sastāv no nervu šūnām (neironiem), bet baltā viela no nervu šūnu izaugumiem (dendrītiem un neirītiem). No nervu šūnu izaugumiem (neirītiem) ir veidoti arī nervi, kas savieno smadzenes ar visām ķermeņa daļām.

Centrālā nervu sistēma vieno visus organisma procesus, nosaka cilvēka un dzīvnieku izturēšanos apkārtējā vidē. Attīstoties organisma un apkārtējās vides mijiedarbības procesā, centrālajai nervu sistēmai ir galvenā nozīme visu organisma funkciju evolūcijā.

Centrālās nervu sistēmas funkcijas izpaužas refleksu veidā (sk. «Organisma funkciju regulācija» 10. lpp.).

NERVU CENTRI UN TO ĪPAŠĪBAS

Neironu grupējumus, kas piedalās noteiktu reflektorisko aktu veikšanā, sauc par nervu centriem. Tā, piemēram, muguras smadzeņu kakla daļā ir lokalizēts diafragmas kustību centrs, kuru kairinot kontrahējas diafragmas muskulis. Iepriekšējās nodaļās, iztīrējot gremošanas, elpošanas, asinsrites un citas organisma funkcijas, ir apskatīti siekalu sekrēcijas, rīšanas, vazomotorais, elpošanas un daudzi citi nervu centri.

Vienu un to pašu reflektorisko reakciju var izraisīt, kairinot dažādus centrālās nervu sistēmas apvidus, t. i., viena un tā paša reflektoriskā akta norisē piedalās dažādu grupu nervu šūnas. Tā, piemēram, noskaidrots, ka elpošanas centrs atrodas ne tikai iegarenajās smadzenēs, bet arī augstāk esošajās smadzeņu daļās un muguras smadzenēs. Tādējādi jēdzianam «nervu centrs» drīzāk ir fizioloģiska nekā anatomiska izpratne.

Svarīgākās nervu centru īpašības ir 1) viļņveidīga uzbudinājuma vadīšana, 2) uzbudinājuma iradiācija, 3) palēnināta uzbudinājuma vadīšana (sinaptiskā aizture), 4) uzbudinājuma impulsu

ritma transformācija, 5) uzbudinājuma impulsu summācija, 6) iesliedēšana (vieglināšana), 7) pēcdarbība, 8) dominante, 9) tonusa stāvoklis, 10) maza labilitāte un 11) plastiskums.

Vienpusējā uzbudinājuma vadīšana nervu centros izpaužas ar to, ka uzbudinājuma impulsi tajos tiek vadīti tikai vienā virzienā, t. i., no aferentā neirona uz starpneironu un no starpneirona uz eferento neironu. Vienpusējā uzbudinājuma vadīšana nervu centros izskaidrojama ar sinapšu (neironu kontakta vietu) īpašību vadīt uzbudinājuma impulsus vienā noteiktā virzienā.

Uzbudinājuma iradiācija ir uzbudinājuma izplatīšanās no viena nervu centra uz citiem. Uzbudinājuma iradiācija ir atkarīga no kairinātāja stipruma un no centrālās nervu sistēmas funkcionālā stāvokļa. Ja kairinātājs ir ļoti stiprs un nervu centri atrodas paaugstinātas uzbudināmības stāvoklī, tad uzbudinājums var aptvert visu centrālo nervu sistēmu un ierosināt visa organisma reakciju.

Palēninātā uzbudinājuma vadīšana. Uzbudinājuma impulsi nervu centros tiek vadīti lēnāk nekā nervu šķiedrās. Par to liecina tas, ka refleksa latentais periods jeb laiks, kāds paiet no kairinājuma sākuma līdz atbildes reakcijai, vienmēr ir garāks par to laiku, kādā uzbudinājums varētu iziet cauri attiecīgām reflektoriskā loka nervu šķiedrām. Uzbudinājuma vadīšanas aizture nervu centros ir saistīta ar uzbudinājuma pārvades palēnināšanos sinapsēs (sinaptiskā aizture).

Uzbudinājuma impulsu ritma transformācija. Visspilgtāk uzbudinājuma impulsu ritma transformācija nervu centros izpaužas, ja tiek dots kāds viens īslaicīgs kairinājums. Uz šo kairinājumu nervu centrs parasti atbild ar veselū impulsu sēriju (pat līdz 300 ... 400 impulsiem sekundē). Ar uzbudinājuma impulsu ritma transformāciju, kas norisinās nervu centros, izskaidro muskuļa spēju atbildēt ar tetānisku kontrakciju uz vienu īslaicīgu kairinājumu.

Uzbudinājuma impulsu summācija. I. Šečenovs 1868. gadā eksperimentos ar spinālām vardēm novēroja, ka, kairinot aferentos nervus ar vairākiem cits citam sekojošiem zemsliedēšanas kairinātājiem, piemēram, ar vāju elektrisko strāvu, iestājas atbildes reakcija, kaut gan šie kairinātāji atsevišķi nerada nekādu reflektorisko aktu. Tādējādi vājie uzbudinājuma impulsi, kurus rada zemsliedēšanas kairinātāji, it kā sakrājas (summējas) nervu centrā un līdz ar to spēj izraisīt nervu centra uzbudinājumu un attiecīgu reflektorisko reakciju.

Izšķir 1) secību summāciju, kas rodas, atkārtoti kairinot vienu un to pašu aferento nervu un 2) telpisko summāciju, kad zemsliedēšanas kairinātāji vienlaicīgi iedarbojas uz vairākiem blakus esošiem receptīviem laukiem. Summācijas piemērs ir šķavas, kas rodas deguna dobuma gļotādas receptoru ilgstoša kairinājuma rezultātā. Šo kairinājumu, kā zināms, rada sakrājušās gļotas, putekļi vai citas kairinošas vielas.

Summācijas parādību izskaidro šādi. Pēc katra, pat pēc zemsliedēšanas kairinājuma nervu centrā iestājas paaugstināta uzbudinā-

mība, tādēļ kāds no kārtējiem zemsliedzīgā kairinātājiem, nokļūstot nervu centrā paaugstinātās uzbudināmības stāvoklī, spēj izraisīt tā uzbudinājumu. Summācija ir cieši saistīta ar iesliedēšanu.

Iesliedēšana (vieglināšana). Nervu centros, līdzīgi kā nervos, atkārtoti kairinājumu gadījumā tiek atvieglota uzbudinājuma impulsu vadišana. So parādību, tāpat kā summāciju, izskaidro ar uzbudināmības paaugstināšanos.

Pēcdarbība izpaužas ar to, ka atbildes reakcija uz kairinājumu notiek ilgāk nekā pats kairinājums, t. i., reflektorisks akts attiecīgu laiku turpinās arī pēc kairinājuma iedarbības izbeigšanās (I. Sečenovs). Jo stiprāks ir kairinājums un ilgāk tiek kairināti attiecīgie receptori, jo ilgstošāka ir pēcdarbība. Atsevišķos gadījumos pēcdarbības ilgums vairākkārt pārsniedz receptoru kairināšanas laiku. Pēcdarbība rodas tāpēc, ka, izbeidzoties receptoru kairinājumam, nervu centros vēl noteiktu laiku (dažas minūtes, stundas, dienas utt.) tiek uzturēts ritmiskās aktivitātes stāvoklis (uzbudinājums).

Dominante. Ja kāda nervu centra uzbudināmība stipri paaugstinās, tad to viegli var uzturēt pat samērā vāji impulsi. Šāds nervu centrs sāk valdīt pār citām centrālās nervu sistēmas daļām: tas ne tikai kavē refleksus, kas iet caur pārējiem nervu centriem, bet arī paaugstina savu uzbudināmību uz jebkura impulsa rēķina, kas nonāk centrālajā nervu sistēmā, t. i., pievelk sev uzbudinājumus, kas nāk uz citiem nervu centriem. Krievu fiziologs A. Uhtomskis (1923) konstatējis, ka šādam stāvoklim, kad viens nervu centrs uz laiku valda pār citiem, ir svarīga nozīme organisma fizioloģisko procesu koordinācijā, un ieteica šo parādību nosaukt par dominantī (latīniski *dominans* — valdošais).

Pavasari vārdem vairošanās periodā kā dominantes parādība ir apkampšanas reflekss. Apkampšanas refleksa centrs vārdem šajā gadījumā ir dominantes stāvoklī, tādēļ, kairinot pakalkāju ādu, apkampšanas reflekss vēl vairāk pastiprinās. Ar dominantī var izskaidrot arī tādu apstākli, ka ēšanas laikā vai arī defekācijas aktā pavājinās vai pat pavisam izpaliek kustību reakcija (aizsargreakcija) uz sāpju kairinājumiem, ja tie nav pārāk stipri. Abos gadījumos sāpju kairinājumi tikai pastiprina dominējošo reakciju.

Par nervu centru tonusu sauc ilgstošu nervu centru uzbudinājumu, kuru uztur aferentie impulsi, kas nepārtraukti nonāk centrālajā nervu sistēmā. Nervu centru tonusa rezultātā arī skeleta muskuļi vienmēr atrodas attiecīgā tonusa stāvoklī, t. i., vienmēr ir nedaudz sasprindzināti.

Nervu centru zemā labilitāte izpaužas ar to, ka nervu centri atšķirībā no nervu šķiedrām nereaģē uz ļoti īslaicīgiem kairinājumiem. Bet, ja nervu centrs uzbudinās, tad uzbudinājums tajā var saglabāties ļoti ilgi (pēcdarbība). Sakarā ar nervu centru mazo labilitāti nervu process, kas radies nervu centru šūnās un sinapsēs, viegli summējas.

Dažādu nervu šūnu un nervu centru labilitāte nav vienāda. Tā, piemēram, eferento neironu labilitāte ir mazāka nekā aferento neironu labilitāte. Siltasiņu dzīvniekiem pakalējo ekstremitāšu ekstensoru nervu centru labilitāte ir lielāka nekā fleksoru.

Par nervu centru plastiskumu sauc nervu centru īpašību piemēroties citu funkciju veikšanai.

Padomju fiziologs P. Anohins, pētot nervu centru plastiskumu, izdarīja šādu eksperimentu. Sunim pārgrieza klejotājnervu (*n. vagus*) un spieķa nervu (*n. radialis*) un tad pārgrieztā klejotājnerva centrālo galu sašuva ar spieķa nerva perifēro galu. Noteiktu laiku pēc šādas operācijas attiecīgās priekšējās (kuras spieķa nervs tika sašūts ar klejotājnervu) ādas receptoru kairināšana izraisīja vemšanu un klepus refleksu, jo šajā gadījumā tika uzbudināts klejotājnervs un ar to saistītie vemšanas un klepus centri. Bez tam bija stipri traucētas šīs priekšējās kustības. Apmēram pēc 8 mēnešiem operētās priekšējās kustības atjaunojās pilnīgi un tās receptoru kairinājumi neizraisīja vairs vemšanu un klepu. Tas liecināja, ka nervu impulsu ietekmē, kas pienāca no operētās ekstremitātes, attiecīgie nervu centri pielāgojās citu funkciju veikšanai.

Vielu maiņas intensitāte nervu centros. Nervu centros (nervu šūnās) salīdzinājumā ar nervu šķiedrām vielu maiņas limenis ir ievērojami augstāks, pie tam, jo diferencētākas ir nervu šūnas, jo intensīvāka ir to vielu maiņa.

Galvenais enerģijas avots nervu audiem ir glikoze (atgremotāju organismā arī propionskābe un etiķskābe). Nervu šūnas ir ļoti jutīgas pret skābekļa trūkumu. Ja nervu šūnām skābeklis netiek piegādāts pietiekamā daudzumā, tās ļoti ātri zaudē uzbudināmības spēju un iet bojā. Interesanti atzīmēt, ka smadzenes uz vienu masas vienību patērē ievērojami vairāk skābekļa nekā citi audi un orgāni. Tā, piemēram, 1 g smadzeņu audu patērē apmēram 20 reizes vairāk skābekļa nekā 1 g muskuļaudu.

Reflektoriskā uzbudinājuma laikā skābekļa patēriņš nervu centros palielinās 3...4 reizes. Pie tam pastiprinās arī ogļskābās gāzes izdalīšana un pieaug glikozes patēriņš.

Nervu centrus ievērojami vieglāk nekā citus audus paralizē narkotiskās vielas, piemēram, ēteris, hloroforms u. c. Savukārt strihinīns paaugstina nervu centru uzbudināmību.

Intensīvo vielu maiņas procesu rezultātā nervu centri pastiprinātas darbības laikā samērā ātri nogurst, pie tam aferentie neironi nogurst ātrāk nekā eferentie.

KAVĒJUMA PROCESI CENTRĀLAJĀ NERVU SISTĒMĀ

Galvas smadzeņu garozai ir kavējošas funkcijas attiecībā pret galvas smadzeņu zemgarozas daļas un muguras smadzeņu reflektoriskajām reakcijām.

Ļoti spilgti galvas smadzeņu garozas kavējošā darbība var izpausties uz tādām organisma funkcijām kā defekāciju, urīna izvadīšanu un daudziem citiem fizioloģiskiem aktiem.

Kavējuma parādības, kas norisinās centrālajā nervu sistēmā, var izmantot organisma aizsargrefleksu pavājināšanai. Tā, piemēram, bullim aizsargrefleksus var kavēt, ieverot deguna dobuma starpsienā metāla gredzenu, aizsargrefleksus zirgam kavēt, uzliekot virslūpai spili. Cilvēks, kā zināms, stiprās sāpēs, lai neizdarītu aizsardzības kustības, bieži sakož zobus, saņņaudz dūres u. tml.

MUGURAS SMADZENES

Filogenētiski muguras smadzenes ir visvecākā centrālās nervu sistēmas daļa. Muguras smadzenes piedalās daudzos reflektoriskajos aktos, kā arī pārvada uzbudinājuma impulsus no dažādām ķermeņa vietām uz galvas smadzenēm un pretējā virzienā.

Muguras smadzeņu šķērsgriezumā jau ar neapbruņotu aci var saskatīt, ka pelēkā viela, ko veido nervu šūnas, atrodas centrā, bet ap to nevienādi biežā slānī atrodas baltā viela. Pie tam pelēkā viela atgādina butru H (sk. 3. att.). Augšējos pelēkās vielas izvirzījumus sauc par dorsālajiem ragiem (*cornua dorsalia*), bet apakšējos — par ventrālajiem ragiem (*cornua ventralia*).

No muguras smadzeņu dorsālajiem ragiem atiet dorsālās saknītes, kurās ir aferentās nervu šķiedras, bet no ventrālajiem ragiem sākas ventrālās saknītes, kurās ir galvenokārt eferentās nervu šķiedras. Izejot no muguras smadzenēm, dorsālā un ventrālā saknīte dodas uz starpskriemeļu atveri, tur savienojas un izveido muguras smadzeņu nervus. Netālu no šīs savienojuma vietas dorsālajai saknītei ir sabiezinājums — muguras smadzeņu nervu ganglijs (*ganglion spinale*), kurā atrodas aferentie neironi (šūnas).

Tā kā muguras smadzeņu dorsālās saknītes satur aferentās nervu šķiedras, tad pēc to pārgriešanas zūd jušanas spējas, bet, ja pārgriež ventrālās saknītes, kurās atrodas eferentās nervu šķiedras, iestājas kustību paralīze.

Katru ādas segmentu parasti inervē 3 blakus esošo muguras smadzeņu dorsālo saknīšu nervu šķiedras, tādēļ, pārgriežot tikai vienu dorsālo saknīti, attiecīgā ādas segmentā neiestājas jūtami jušanas traucējumi. Muguras smadzeņu nervu sazarojums ir labi izpētīts cilvēkiem, Mājdzīvniekiem tas ir vēl nepietiekami noskaidrots. Uzskata, ka mājdzīvniekiem muguras smadzeņu nervu sazarojums principā ir tāds pats kā cilvēkam.

Muguras smadzeņu baltajā vielā atrodas uzbudinājuma impulsu vadīšanas ceļi: 1) augšupejošie (Golla un Burdaha sainīši, spinotalāmiskie ceļi, Fleksiga sainītis, Hoversa sainītis u. c.), kas

vada impulsus galvas smadzeņu virzienā; 2) lejupejošie (kortikospinālais, rubrospinālais, vestibulospinālais u. c.), pa kuriem impulsi izplatās pretējā virzienā, t. i., no galvas smadzenēm uz muguras smadzenēm, un 3) starpsegmentu ceļi, kas savieno savā starpā atsevišķus muguras smadzeņu apvidus.

Muguras smadzeņu augšupejošie un lejupejošie ceļi nodrošina abpusējus muguras smadzeņu sakarus ar galvas smadzenēm. Pēc muguras smadzeņu impulsu vadīšanas ceļu pārgriešanas kļūst neiespējamas koordinētas kustības, kā arī izzūd jušanas spēja. Pie tam daži jušanas veidi izzūd tajā pašā ķermeņa pusē, kurā tiek pārgriezta muguras smadzenes, bet citi jušanas veidi izzūd pretējā ķermeņa pusē. Tas tādēļ, ka daži impulsu vadīšanas ceļi krustojas savā starpā (pāriet no vienas muguras smadzeņu simetriskās puses otrā), bet citi nekrustojas.

Muguras smadzenēs atrodas daudzu reflektorisko reakciju centri: III un IV kakla segmenta apvidū atrodas diafragmas nerva centrs, V... VIII kakla segmentu apvidū — priekšējo ekstremitāšu nervu centri, muguras smadzeņu krūšu apvidū atrodas nervu centri, kas regulē krūšu, muguras un vēdera muskuļu darbību; jostas apvidū atrodas pakaļējo ekstremitāšu nervu centri. Iznīcinot šos nervu centrus, attiecīgās ķermeņa vietās iestājas kustību paralīze un izzūd jušanas spējas.

Bez minētajiem nervu centriem muguras smadzenēs novietoti arī veģetatīvai nervu sistēmai piederošie centri. Muguras smadzeņu krūšu un jostas apvidū atrodas vazomotorie un sviedru atdalīšanas centri, bet krustu apvidū — urīna izvadīšanas, defekācijas, erekcijas un ejakulācijas centri.

Paralēli aferentiem impulsiem, kas nāk no dažādiem ķermeņa receptoriem, muguras smadzeņu nervu centri saņem arī uzbudinājuma un kavējuma impulsus no galvas smadzenēm.

GALVAS SMADZENES

Galvas smadzenes regulē visus organisma fizioloģiskos procesus un visas organisma reakcijas. Tās ir augstākās nervu darbības aparāts, ko veido miljardi nervu šūnu un šķiedru ar stingri noteiktu izvietojumu un funkciju.

Tā kā galvas smadzeņu regulējošā ietekme uz daudzām organisma funkcijām ir pietiekami plaši iztīrāta iepriekšējās nodaļās, tad šeit apskatīsim tikai galvas smadzeņu darbības svarīgākos principus.

Kā jau minēts, galvas smadzenēs izšķir iegarenās smadzenes, vidussmadzenes, starpsmadzenes un lielās puslodes, kas veidotas no garozas un zemgarozas daļām.

No galvas smadzenēm atiet 12 pāri nervu.

Iegarenās smadzenes

saītinātājs

Iegarenās smadzenes, līdzīgi muguras smadzenēm, pārraida uzbudinājuma impulsus un izpilda reflektoriskās funkcijas. Arī pēc uzbūves iegarenās smadzenes līdzinās muguras smadzenēm: iegareno smadzeņu eferentie neironi un starpneironi atrodas iegareno smadzeņu pelēkajā vielā, bet aferento nervu šķiedru šūnas — ārpus iegarenajām smadzenēm. No iegarenajām smadzenēm sākas 8 pāri galvas smadzeņu nervu.

Iegarenajās smadzenēs (galvenokārt IV ventrikula pamatā) atrodas daudzi nervu centri: elpošanas, sirdsdarbības, vazomotorais, zīšanas, košļāšanas, siekalu atdališanas, rīšanas, gremošanas trakta motorikas, sviedru atdališanas, labirintu refleksu, vemšanas, klepošanas, asaru atdališanās un citi centri. Bez tam iegarenajās smadzenēs atrodas arī vielu maiņas regulācijas centri. Tā kā iegarenajās smadzenēs ir novietoti dzīvībai ļoti svarīgi nervu centri, tad šo centru funkciju traucējumi vai arī iegareno smadzeņu bojājums rada neizbēgamu nāvi elpošanas un sirdsdarbības apstāšanās dēļ.

Reflektoriskās reakcijas, kas saistītas ar iegareno smadzeņu centriem, ir iedzimtas (beznosacījuma) reakcijas.

Iegareno smadzeņu centru funkcijas detalizēti apskatītas attiecīgajās nodaļās.

Vidussmadzenes

Vidussmadzenes atrodas uz priekšu no iegarenajām smadzenēm. Tajās ietilpst četrkalne (*corpus quadrigeminum*) un sarkanais kodols (*nucleus ruber*). No vidussmadzenēm atiet trešais un ceturtais galvas smadzeņu nervu pāris, kas inervē acu muskuļus. Cauri vidējām smadzenēm iziet nervu ceļi, kas nāk no muguras un no iegarenajām smadzenēm uz galvas smadzeņu augstākajiem centriem un atpakaļ.

Cetrkalne. Abi četrkalnes priekšējie uzkalni (pau-guri) ir saistīti ar redzes ceļiem, bet pakalējie uzkalni — ar dzirdes ceļiem. Cetrkalnes priekšējos uzkalnos atrodas nervu centri, kas regulē dzīvnieku orientēšanās reakcijas uz gaismas kairinātājiem: acu kustības, acs redzokļa palielināšanos un sašaurināšanos, dzīvnieku kustības gaismas virzienā utt. Pakalējos uzkalnos ir novietoti centri, kuri regulē orientēšanos uz skaņu kairinātājiem: ausu pacelšanu, galvas pagriešanu skaņas virzienā utt.

Sarkanais kodols ir viens no svarīgākajiem galvas smadzeņu stumbra motorajiem (kustību) centriem. Tas ir saistīts ar smadzenītēm, ar iegarenajām un muguras smadzenēm, kā arī ar zemgarozu un galvas smadzeņu garozu.

Sarkanais kodols regulē skeleta muskulatūras tonusu un piedalās ķermeņa normālas pozas un līdzsvara stāvokļa uzturēšanā.

Smadzenītes

Galvenā smadzeņu funkcija ir reflektoriska kustību koordinācija. Smadzenītēs atrodas centri, kas koordinē skeleta muskuļu kustības un regulē ķermeņa līdzsvaru. Smadzenītes sevišķi labi attīstītas to sugu zīdītāju dzīvniekiem, kuri izdara veiktas un sarežģītas kustības.

Aferentie un eferentie nervu ceļi smadzenītēs savieno ar visiem centrālās nervu sistēmas nodaļumiem. Ar galvas smadzeņu garozu smadzenītes ir saistītas caur Varolija tiltu.

Smadzeņu impulsi, kavējot muguras smadzeņu, iegareno smadzeņu un vidussmadzeņu refleksus, nodrošina smadzeņu lielo pusložu impulsu vispilnīgāko iedarbību un līdz ar to ķermeņa kustību precizitāti un noteiktību.

Starpsmadzenes

Starpsmadzenes atrodas virs vidussmadzenēm un sastāv no redzes pauguriem (*thalami optici*) un zempauguru (*hypothalamus*) apvidus.

Redzes pauguri laterāli savienojas ar smadzeņu lielajām puslodēm, bet to mediālās virsmas izveido III ventrikula apakšējo un sānu sienu.

Visas aferentās nervu šķiedras, kas nāk no muguras smadzenēm, iegarenajām smadzenēm, vidussmadzenēm un smadzenītēm uz lielajām puslodēm, iziet cauri redzes pauguriem. Aferentie impulsi, kas nonāk redzes pauguros, tiek novadīti arī uz zempauguru apvidu.

Iznīcinot vai bojājot redzes paugurus, pilnīgi izzūd vai stipri pavājinās jušanas spējas, attīstās paralīzes, rodas redzes un dzirdes traucējumi utt.

Zempauguru apvidus ir galvenais organisma veģetatīvo funkciju regulācijas centrs. Šeit ir šūnu grupas, kas regulē ūdens, minerālāļu, olbaltumvielu, ogļhidrātu un tauku maiņu organismā. Iznīcinot zempauguru apvidu, rodas vielu maiņas un termoregulācijas traucējumi. Uzskata arī, ka zempauguru apvidus zināmā mērā piedalās organisma emocionālajās reakcijās.

Zemgarozas kodoli

Zemgarozas kodoli jeb mezgli ir galvas smadzeņu pelēkās vietas sakopojumi, kas atrodas lielo pusložu apakšējās un sānu sienas masā; tie ir svītrainais ķermenis (*corpus striatum*), astainais kodols (*nucleus caudatus*) un bālais ķermenis (*globus pallidus*).

Zemgarozas centri saņem aferentos impulsus no redzes pauguriem un no lielo pusložu garozas un nosūta eferentos impulsus uz

starpšmadzenēm, vidussmadzenēm, smadzenītēm un iegarenajām smadzenēm.

Zemgarozas nervu centri ir augstākie kustību regulācijas centri. Ar tiem saistītas arī dažas ļoti sarežģītas organisma reflektorskās reakcijas, piemēram, aizsargreakcijas un dzimumreakcijas.

Tāpat kā visu centrālās nervu sistēmas nodaļojumu, arī zemgarozas centru funkcijas ir pakļautas galvas smadzeņu lielo puslōžu garozas darbībai.

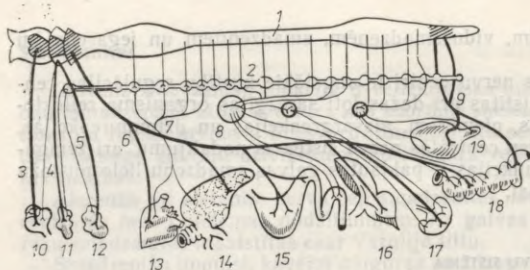
VEĢETATĪVĀ NERVU SISTĒMA

Par veģetatīvo nervu sistēmu sauc to centrālās un perifērās nervu sistēmas daļu, kas regulē gremošanas, elpošanas, asinsrites, izvadišanas, vairošanās un citu iekšējo orgānu darbību, kā arī vielu maiņu. Veģetatīvās nervu sistēmas centri atrodas galvas smadzeņu garozā, zemgarozā, vidussmadzenēs, iegarenajās smadzenēs un muguras smadzeņu sānu ragos.

Veģetatīvā nervu sistēma pēc savas uzbūves un funkcijām atšķiras no somatiskās nervu sistēmas, kas inervē šķērsvītrotu muskulatūru un nodrošina organisma jutību. Atšķirībā no somatiskām nervu šķiedrām, kas atiet no katra muguras smadzeņu segmenta, veģetatīvās nervu šķiedras kūlišu veidā atiet no vidussmadzenēm un iegarenajām smadzenēm, kā arī no muguras smadzeņu krūšu, krustu un jostas nodaļojumiem. Veģetatīvās nervu šķiedras, izejot no centrālās nervu sistēmas, izplatās simetriski abās ķermeņa pusēs. Savā ceļā uz orgāniem un audiem veģetatīvās nervu šķiedras tiek pārtrauktas veģetatīvos ganglijos jeb mezglos. Nervu šķiedras, kas stiepjas no galvas vai muguras smadzenēm līdz veģetatīvajam ganglijam, sauc par preganglionārām, bet šķiedras, kas no ganglija dodas uz orgāniem un audiem, — par postganglionārām šķiedrām. Veģetatīvie gangliji ir nervu šūnu sakopojumi, kas atrodas dažādā attālumā no centrālās nervu sistēmas: viena gangliju grupa ķēdītes veidā novietota blakus mugurkaulājam (abās mugurkaulāja pusēs), otra grupa atrodas samērā tālu no mugurkaulāja (apmēram vienādā attālumā no mugurkaulāja un inervējamā orgāna vai arī blakus šim orgānam) un trešā gangliju grupa — intramurālie gangliji — atrodas pašos orgānos.

Jāatzīmē, ka postganglionāro nervu šķiedru ir ievērojami vairāk nekā preganglionāro. Tādēļ veģetatīvos ganglijos viena neirona centrālais impulss tiek novadīts uz daudziem perifēriem neironiem, radot impulsa multiplikāciju.

Veģetatīvās nervu šķiedras ir tievākas par somatiskajām (veģetatīvo nervu šķiedru diametrs ir 1 ... 1,3 μm, bet somatisko — 12 ... 18 μm). Bez tam veģetatīvajiem nerviem ir mazāka uzbudināmība, lielāks refraktārais periods un lēnāka uzbudinājuma impulsu vadišana nekā somatiskajiem nerviem. Tā veģetatīvos nervos



56. att. Veģetatīvās nervu sistēmas shēma:

1 — muguras smadzenes, 2 — simpātiskais stumbrs (*truncus sympathicus*), 3 — acs muskuļu nervs (*n. oculomotorius*), 4 — asaru nervs (*n. lacrimalis*), 5 — bungstīga (*chorda tympani*), 6 — klejotājnervs, 7 — sirds simpātiskie nervi, 8 — saules pinums (*plexus solaris*), 9 — iegurņa nervs (*n. pelvicus*), 10 — acs, 11 — asaru dziedzeris, 12 — siekalo dziedzeris, 13 — sirds, 14 — plaušas, 15 — kuņģis, 16 — aknas, 17 — nieris, 18 — resnās zarnas, 19 — urīnpūslis. Simpātiskie nervi apzīmēti ar tievām līnijām, parasimpātiskie nervi — ar resnākām līnijām.

uzbudinājuma izplatīšanās ātrums ir 0,3 ... 1,5 m/s, bet somatiskajos nervos — līdz 120 m/s. Veģetatīvās nervu šķiedras pa lielākai daļai nav mielinizētas.

Veģetatīvo nervu sistēmu iedala simpātiskajā un parasimpātiskajā sistēmā (56. att.). Simpātiskās nervu sistēmas nervi sākas no muguras smadzeņu krūšu un jostas nodalījumiem un iziet no muguras smadzenēm pa ventrālajām saknītēm. Savukārt parasimpātiskie nervi iziet no muguras smadzeņu krustu daļas, kā arī no iegarenajām smadzenēm un vidussmadzenēm.

Simpātiskā un parasimpātiskā nervu sistēma ietekmē gremošanas orgānu, sirds, asinsvadu, iekšējās sekrēcijas dziedzeru, dzimumorgānu, maņu orgānu, nieru un daudzu citu orgānu darbību. Simpātiskās un parasimpātiskās nervu sistēmas ietekme uz dažādu orgānu funkcijām bieži vien ir pretēja. Tā, piemēram, simpātiskie nervi paātrina sirds darbību, bet parasimpātiskie nervi — palēnina; simpātiskie nervi paplašina acs zīlīti, bet parasimpātiskie nervi — sašaurina; simpātiskie nervi pavājina gremošanas trakta peristaltiku, bet parasimpātiskie nervi to pastiprina. Simpātiskās un parasimpātiskās nervu sistēmas iedarbību uz orgāniem nosaka arī atbiecīgo orgānu funkcionālais stāvoklis. Tā, piemēram, kairinot zarnu parasimpātiskos nervus pastiprinātas peristaltikas gadījumā, zarnu muskulatūras tonuss vairs nepalielinās, bet strauji samazinās un peristaltika pavājinās.

Simpātiskie un parasimpātiskie nervi inervē arī šķērsvītrotu muskulatūru. Simpātisko nervu ietekmē palielinās skeleta muskuļu tonuss, paaugstinās muskuļu vielu maiņas līmenis un to uzbudināmība. Simpātiskās nervu sistēmas ietekme sevišķi spilgti izpaužas uz novājinātiem un nogurušiem muskuļiem.

Veģetatīvās nervu sistēmas uzbudinājuma efekti

Orgāni	Uzbudinājuma efekti	
	simpātisko nervu šķiedru	parasimpātisko nervu šķiedru
Acs zilīte	Paplašināšanās	Sašaurināšanās
Asaru dziedzeri	Sekrēcijas pastiprināšanās	
Siekalu dziedzeri	Biezu, staipīgu siekalu sekrēcija	Šķidru, ūdeņainu siekalu sekrēcija
Sirds	Kontrākciju pastiprināšanās un to frekvences palielināšanās	Kontrākciju frekvences samazināšanās
Kuņģa dziedzeri	Sekrēcijas pavājināšanās	Sekrēcijas pastiprināšanās
Kuņģa un zarnu gludā muskulatūra (izņemot ileocekālo slēdzējmuskuli)	Kontrākciju pavājināšanās un tonusa samazināšanās	Kontrākciju pastiprināšanās un tonusa palielināšanās
Aizkuņģa dziedzeris	Sekrēcijas pavājināšanās	Sekrēcijas pastiprināšanās
Aknas	Glikogenolīze	
Zultspūslis	Kontrākciju pavājināšanās	Kontrākciju pastiprināšanās
Urīnpūslis	Kontrākciju pavājināšanās	Kontrākciju pastiprināšanās
Ādas sīkās artērijas	Sašaurināšanās	Paplašināšanās
Koronārie asinsvadi	Paplašināšanās	Sašaurināšanās
Sviedru dziedzeri	Sekrēcijas pastiprināšanās	

Kā jau minēts, virsnieru serdes slāņa hormons — adrenalīns darbojas līdzīgi simpātiskajai nervu sistēmai, bet holīns un tā derivāti, piemēram, acetilholīns, — kā parasimpātiskie nervi. Šāda adrenalīna un acetilholīna darbība izskaidrojama ar to, ka tie veidojas veģetatīvo nervu galos (adrenalīns, noradrenalīns — simpātisko un acetilholīns — parasimpātisko nervu galos) un veic uzbudinājuma pārvadi uz audiem un orgāniem.

Vielas, kas darbojas līdzīgi simpātiskiem nerviem, sauc par simpātikomimētiskām vielām, bet vielas, kas darbojas kā parasimpātiskie nervi, sauc par parasimpātikomimētiskām vielām.

Dažas indes (t. s. veģetatīvās indes), iedarbojoties uz veģetatīvajiem ganglijiem un veģetatīvo nervu galiem, tos uzbudina vai arī pārtrauc impulsu vadīšanu tajos. Tā, piemēram, pilokarpīns uzbudina parasimpātisko nervu beigu galus, bet atropīns paralizē tos. Nikotīns bloķē uzbudinājuma pārvadi simpātiskajos mezglos.

Veģetatīvās nervu sistēmas darbību, līdzīgi kā visu citu nervu sistēmas daļu funkcijas, regulē galvas smadzeņu garoza. To spilgti



57. att. Aksonrefleksa shēma:
1 — muguras smadzenes, 2 — muguras smadzeņu gan-
glijs, 3 — āda, 4 — asinsvads.

pierāda iekšējo orgānu darbības un vielu maiņas nosacījuma reflektoriskā regulācija.

Veģetatīvās nervu sistēmas refleksi. Daudzi organisma refleksi norisinās ar veģetatīvās nervu sistēmas starpniecību. Tā, piemēram, kairinot vēdera dobuma orgānus, paaugstinās vēdera muskuļu

tonuss, pastiprinās vēdera ādas jutība un samazinās sirds darbības frekvence. Veģetatīvās nervu sistēmas refleksus, kas iet no iekšējiem orgāniem uz skeleta muskulatūru, sauc par visceromotoriem, refleksus no iekšējiem orgāniem uz ādu — par viscerosensoriem, bet refleksus no viena iekšēja orgāna uz otru — par visceroviscerāliem refleksiem.

Bez refleksiem, kas iziet cauri centrālajai nervu sistēmai, organismā pastāv arī tādas atbildes reakcijas, kas norisinās viena neirona robežās. Tie ir aksonrefleksi (57. att.). Aksonrefleksā gadījumā uzbudinājums pāriet no viena postganglionārās nervu šķiedras atzarojuma otrā, nenonākot pašā nervu šūnā. Uzskata, ka daudzas vazodilatatoriskās reakcijas organismā norisinās pēc aksonrefleksu principa.

NERVU SISTĒMAS TROFISKĀ FUNKCIJA

Visi eferentie nervi, to skaitā arī motorie un sekretorie nervi, izpilda trofisko funkciju, t. i., regulē orgānu un audu vielu maiņu.

Pamatus mācībai par nervu trofisko funkciju lika I. Pavlovs (1888). Viņš uzskatīja, ka katru orgānu inervē trejādas nervu šķiedras: funkcionālās, vazomotorās un trofiskās. Funkcionālās nervu šķiedras ierosina vai pārtrauc orgānu darbību, vazomotorās nervu šķiedras paplašina vai sašaurina asinsvadus, regulējot ar to barības vielu pievadišanu orgāniem, bet trofiskās nervu šķiedras regulē barības vielu izmantošanu orgānos un audos.

Orgānu un audu trofiskie procesi tiek regulēti ar nosacījuma un beznosacījuma refleksiem.

Ja ir traucēta orgānu un audu trofiskā inervācija, organismā attīstās dažādas patoloģiskās parādības: izkrīt mati, āda depigmentējas, ir traucēta epidermas reģenerācija un bieži vien ādā parādās nekrotiskas vāties, kauli kļūst trausli, iestājas muskuļu atrofija u. c.

CEREBROSPINĀLAIS ŠĪDRUMS

Cerebrospinālais šķidrums (smadzeņu šķidrums) piepilda telpu starp smadzeņu apvalkiem. Tas ir caurspīdīgs, bezkrāsains šķidrums, satur 0,02% olbaltumvielu un 0,06% glikozes. Cerebrospinālais šķidrums veidojas nepārtraukti no asins plazmas un aiztek pa smadzeņu limfvadiem un vēnām. Visvairāk cerebrospinālā šķidruma ir pie galvas smadzeņu pamatnes un muguras smadzeņu beigu daļā. Tādēļ šajās vietās ir visērtāk to iegūt vai ievadīt tajā dažādas vielas. Smadzeņu šķidrums atrodas zem attiecīga spiediena, tādēļ pēc punkcijas tas iztek strūklas veidā. Cerebrospinālais šķidrums uztur pastāvīgu spiedienu centrālajā nervu sistēmā, regulē osmotisko spiedienu smadzenēs, un ar tā starpniecību no smadzenēm izdalās vielu maiņas galaprodukti.

Dažu slimību gadījumā pārmainās cerebrospinālā šķidruma īpašības. Tā, piemēram, ja bojāti smadzeņu audi, cerebrospinālajā šķidrumā palielinās globulīna saturs.

AUGSTĀKĀ NERVU DARBĪBA

Augstākā nervu darbība ir saistīta ar galvas smadzeņu lielajām puslodēm, kas filogenētiski ir visjaunākā centrālās nervu sistēmas daļa.

Galvas smadzeņu lielās puslodes attīstās jau zivīm. Tomēr zivīm galvas smadzeņu lielās puslodes ir vāji attīstītas un sastāv tikai no svītrainā ķermeņa (*corpus striatum*). Labāk galvas smadzeņu lielās puslodes ir attīstītas abiniekiem, kuriem parādās jau pirmie galvas smadzeņu garozas aizmetņi plānas nervu šūnu kārtas veidā, kas aplāj galvas smadzeņu lielo pusložu sānu virsmas. Arī rāpuļiem un putniem galvas smadzeņu garoza ir veidota tikai no vienas šūnu kārtas, bet atšķirībā no abiniekiem tā pārklāj jau visu smadzeņu lielo pusložu virsmu. Ļoti labi galvas smadzeņu lielās puslodes attīstītas zīdītājiem. Galvas smadzeņu lielās puslodes zīdītājiem ir vislielākais galvas smadzeņu nodalījums. Zīdītājiem dzīvniekiem galvas smadzeņu garozas tālākā attīstība notiek, palielinoties tās virsmai. Galvas smadzeņu garozas virsma palielinās, veidojoties krokām un rievām. Trusim galvas smadzeņu garoza ir vēl pilnīgi gluda, bet sunim, govij, cūkai un zirgam garozas krokojums ir labi izteikts. Vispilnīgāk galvas smadzeņu garoza ir attīstīta cilvēkam. Sakarā ar stipri izteiktu krokojumu galvas smadzeņu garozas virsma cilvēkam ir apmēram 2 m².

Galvas smadzeņu garozas uzbūve (citoarhitektonika) ir ļoti sarežģīta. Tā sastāv no nervu šūnām un ļoti bieza nervu šķiedru tīkla. Bez tam galvas smadzeņu garozā ir īpaši saistaudi — neiroglija.

Mikroskopiski zīdītāju dzīvnieku galvas smadzeņu garozā var izšķirt sešus dažādu nervu šūnu slāņus. Atsevišķi galvas smadzeņu

garozas apvidi cits no cita atšķiras ar biezumu, nervu šūnu lielumu un citām īpatnībām. Galvas smadzeņu garozas biezums ir 2...4 mm. Aferentās šķiedras visas galvas smadzeņu garozas šūnas saista ar ķermeņa receptoriem (caur zemgarozas centriem).

Galvas smadzeņu garozā izšķir triju grupu šķiedras: 1) asociatīvās (starpcentrālās), kas savstarpēji savieno dažādus vienas un tās pašas smadzeņu puslodes apvidus, 2) komisurālās, kas savieno abu pusložu simetriskos apvidus, un 3) projekcijas (vadītājas) nervu šķiedras, kas savieno zemāk esošās smadzeņu daļas ar lielo pusložu garozu.

Galvas smadzeņu garoza ir augstākais orgāns, kas saskaņo visas organisma funkcijas un tā mijiedarbību ar apkārtējo vidi.

Galvenā galvas smadzeņu garozas funkciju pētīšanas metode ir I. Pavlova izstrādātā nosacījuma refleksu metode. Tā ir pilnīgi objektīva, un pēc tās iespējams pētīt galvas smadzeņu garozas funkcijas pilnīgi normāliem organismiem.

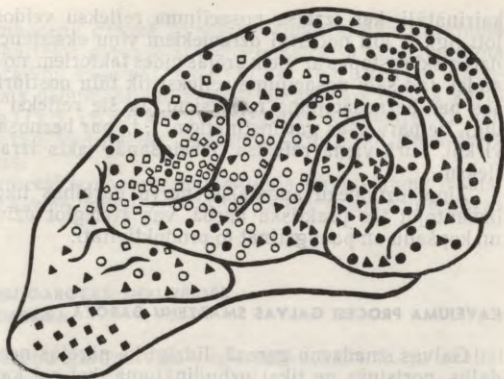
Bez nosacījuma refleksu metodes galvas smadzeņu garozas funkciju pētīšanai lieto vairākas citas metodes: atsevišķu garozas apvidu izoperēšanu, garozas elektriskā vai ķīmiskā kairinājuma metodi, garozas biostrāvu pētīšanu, kā arī klīniskās metodes.

FUNKCIJU LOKALIZĀCIJA GALVAS SMADZEŅU GAROZĀ

Galvas smadzeņu garozā atrodas analizatoru kortikālās daļas, kurām smadzeņu virsmā ir pastāvīga lokalizācija. Tā, piemēram, redzes analizatora kortikālā daļa atrodas galvas smadzeņu garozas pakauša apvidū, dzirdes analizatora — deniņu apvidū, ožas un garšas analizatora — hipokampa krokā (deniņu daivas mediālajā un apakšējā virsmā), ādas un taktīlās jutības zona atrodas kaudāli no centrālās (Rolanda) rievas, kustību (motorā) zona aizņem priekšējo centrālo kroku un tai pieguļošās pieres daivas (58. att.). Bez visiem tiem galvas smadzeņu garozas apvidiem, kas ir zīdītājiem dzīvniekiem, cilvēka galvas smadzeņu garozā ir vēl apvidus, kas saistīts ar runas uztveršanu un vārdu izrunu, — runas centrs.

Ja ekstirpē galvas smadzeņu garozas apvidu, kurā atrodas attiecīgā analizatora kortikālā daļa, izzūd nosacījuma refleksi uz tiem kairinājumiem, kas tiek pārvadīti uz izgriezto garozas apvidu.

Analizatoru kortikālajām daļām nav krasu robežu, un to malas pārsedz viena otru. Katra analizatora kortikālajai daļai izšķir kodola un perifēro nodalījumu: kodola nodalījums nepieciešams komplicēto nosacījuma reflektoriskās darbības formu veikšanai un jutīgas diferenciacijas izstrādei, bet perifērajam nodalījumam ir tikai elementāra kairinājumu analīzes un sintēzes spēja.



58. att. Sensoro zonu lokalizācijas shēma suņa galvas smadzeņu lielajās puslodēs (pēc K. Viktorova). Melnie riņķīši — redzes analizatora šūnas, trīsstūri — dzirdes analizatora šūnas, baltie riņķīši — ādas un muskuļu analizatora šūnas, kvadrāti — garšas analizatoru šūnas, rombi — kustību (motorās) šūnas.

NOSACĪJUMA REFLEKSI

Kā jau iepriekš minēts (sk. «Organisma funkciju regulācija» 10. lpp.), veidojoties nosacījuma refleksam, galvas smadzeņu garozā rodas pagaidu sakars starp diviem atkārtoti un vienā laikā uzbudinātiem apvidiem: starp stiprāk uzbudināto apvidu, kas ir saistīts ar beznosacījuma refleksu, un vājāk uzbudināto apvidu, kas ir saistīts ar kādu indiferento (nosacījuma) kairinātāju. Šāds pagaidu sakars izveidojas tāpēc, ka spēcīgāks uzbudinājuma perēklis, kuram turklāt ir arī lielāka fizioloģiskā nozīme, pievelk sev uzbudinājumu, kas vienlaikus rodas citā galvas smadzeņu garozas apvidū. Kad šis pagaidu sakars ir izveidojies, tad uzbudinājums, ko izraisa nosacījuma kairinātājs, pāriet uz beznosacījuma refleksa zonu.

Nosacījuma refleksiem ir ārkārtīgi svarīga nozīme visdažādāko organisma funkciju regulācijā. Kā jau minēts grāmatas iepriekšējās nodaļās, nosacījuma refleksi regulē daudzas gremošanas, asinsrites, elpošanas, vielu maiņas un izvadišanas funkcijas. Ar nosacījuma refleksiem dzīvnieka organisms nepārtraukti pielāgojas mainīgiem ārējās un iekšējās vides faktoriem.

Saskaņā ar I. Pavlova mācību arī dzīvnieku instinktu izcelšanās ir saistīta ar nosacījuma refleksu veidošanos. I. Pavlovs uzskatīja, ka tajos gadījumos, kad vieni un tie paši apkārtējās vides

kairinātāji, kas izraisa nosacījuma refleksu veidošanos, darbojas ļoti ilgi, ir ļoti noderīgi dzīvniekiem viņu eksistences apstākļos un dzīvnieki sastopas ar šiem ārējās vides faktoriem no paaudzes uz paaudzi, tad šādi nosacījuma refleksi tik tālu nostiprinās, ka pārvēršas par beznosacījuma refleksiem. Ja šie refleksi ir kompleksveidīgi, tie pārvēršas par instinktiem, t. i., par beznosacījuma refleksu virkni, kurā viena refleksa izbeigšanās akts izraisa nākamo refleksu.

Zinot dzīvnieku augstākās nervu darbības likumsakarības un izmantojot tās praktiskā darbā, var atvieglot dzīvnieku turēšanu un kopšanu un paaugstināt to produktivitāti.

KAVĒJUMA PROCESI GALVAS SMADZEŅU GAROZĀ

Galvas smadzeņu garozā, līdzīgi kā pārējās nervu sistēmas nodaļās, norisinās ne tikai uzbudinājuma, bet arī kavējuma procesi. Šie abi procesi ir cieši saistīti, nepārtraukti pāriet viens otrā un nosaka galvas smadzeņu garozas darbību. Arī nosacījuma refleksu veidošanās ir saistīta ar šo abu procesu mijiedarbību.

Ja nosacījuma refleksa veidošanas laikā parādās kāds cits stiprs kairinātājs (stiprs troksnis, sāpju kairinājums u. tml.), tad nosacījuma reflekss var neizpausties. Sajā gadījumā galvas smadzeņu garozā rodas jauns uzbudinājuma apvidus, kas negatīvās indukcijas rezultātā izraisa kavējuma procesu attiecīgā nosacījuma refleksa centrā. Šādu kavējuma veidu I. Pavlovs nosauca par *ā r ē j o (i n d u k c i j a s) k a v ē j u m u*.

Galvas smadzeņu garozā var rasties arī *iekšējais kavējums*, kad kavējumu izraisītāji impulsi rodas paša nosacījuma refleksa centra šūnās.

Ilgstoša vai arī ļoti stipra kairinājuma ietekmē galvas smadzeņu garozā var attīstīties *pārmēra kavējums* jeb *aizsargkavējums*. Sajā gadījumā galvas smadzeņu garozas šūnas nogurst un zaudē darbības spējas. Pārmēra kavējums līdz ar to pasargā nervu šūnas no pārāk stipras novājināšanas.

UZBUDINĀJUMA UN KAVĒJUMA PROCESU IRADIĀCIJA, KONCENTRĀCIJA UN INDUKCIJA GALVAS SMADZEŅU GAROZĀ

Uzbudinājuma un kavējuma procesi, kas radušies kādā noteiktā galvas smadzeņu garozas apvidū, nepaliek ilgi šajā vienā vietā, bet iradiē, t. i., izplatās uz blakus esošiem apvidiem un pēc tam koncentrējas, atgriežas sākotnējā rašanās punktā. Kā jau minēts (sk. 347. lpp.), nosacījuma refleksa veidošanos sākumā pavada uzbudinājuma iradiācija. Uzbudinājumam koncentrējoties, tiek izstrādāta diferenciācija.

Ja galvas smadzeņu garozā izveidojas koncentrētais kavējuma apvidus, tad apkārtējos garozas apvidos tas izraisa uzbudinājuma procesus; šo parādību sauc par pozitīvo indukciju. Savukārt koncentrētais uzbudinājums apkārtējos apvidos izraisa kavējumu — negatīvo indukciju. Negatīvā indukcija, kā jau minēts, iestājas tad, kad galvas smadzeņu garozā norisinās ārējā kavējuma process.

Indukcijas procesi ierobežo uzbudinājuma un kavējuma iradiāciju un tādējādi sekmē lielāku noteiktību galvas smadzeņu garozas darbībā.

GALVAS SMADZEŅU GAROZAS ANALIZĒJOŠĀ UN SINTEZĒJOŠĀ DARBĪBA

Galvas smadzeņu garoza veic vispilnīgāko kairinātāju analīzi un sintēzi.

Galvas smadzeņu garozas analizējošā darbība izpaužas dažādās reakcijās uz atsevišķiem kairinātājiem, piemēram, receptoru kairinājums vienā gadījumā var radīt noteikta galvas smadzeņu garozas punkta uzbudinājumu, bet citā gadījumā — kavējumu. Tādējādi galvas smadzeņu garozas analīzes izpausme ir tās spēja izšķirt, t. i., diferencēt kairinājumus. Galvas smadzeņu garozas analizējošās darbības pamatā ir kavējuma (nosacījuma kavējuma) procesi, kas ierobežo uzbudinājuma iradiāciju centrālajā nervu sistēmā. Galvas smadzeņu garozas sintezējošā darbība izpaužas, apvienojoties uzbudinājumiem, kas radušies dažādos garozas punktos, t. i., veidojoties nosacījuma refleksam.

Analīze un sintēze, kas norisinās galvas smadzeņu garozā, līdzīgi uzbudinājuma un kavējuma procesiem, savā starpā ir cieši saistītas. Pateicoties galvas smadzeņu garozas analīzei un sintēzei, organisms pielāgojas apkārtējās vides apstākļiem, radot attiecīgajā situācijā vajadzīgo reakciju.

Dinamiskais stereotips. Galvas smadzeņu garozas sintezējošā darbība ir ļoti komplicēta; dzīvniekiem var izstrādāt otrās un trešās, bet cilvēkam vēl augstākas pakāpes nosacījuma refleksus. Bez tam var izveidoties nosacījuma refleksi uz kairinātāju kompleksu. Tā, piemēram, ja beznosacījuma refleksu pavada nevis ar kādu vienu indierento kairinātāju, bet gan ar vairākiem vienlaicīgi citu citam sekojošiem kairinātājiem, tad nosacījuma reflekss izveidojas uz šo kairinātāju kompleksu, pie tam dzīvnieki ļoti labi spēj diferencēt to kārtību, kādā šie kairinātāji seko cits citam. Šajā gadījumā galvas smadzeņu garozā izveidojas **dinamiskais stereotips**.

Galvas smadzeņu garozas spējai izveidot dinamisko stereotipu ir liela bioloģiska nozīme, jo dabiskos eksistēšanas apstākļos dzīvnieki vienmēr nāk saskarē nevis ar kādu vienu kairinātāju, bet gan ar kairinātāju kompleksu.

Pēc I. Pavlova definējuma, miegs ir kavējuma process, kas izplatās uz plašiem pusložu apvidiem, uz visām puslodēm un pat zemāk — uz vidējām smadzenēm.

Kā jau iepriekš minēts (sk. «Kavējuma procesi galvas smadzeņu garozā» 348. lpp.) ilgstoši kairinājumi galvas smadzeņu garozas šūnās izraisa nogurumu, kura rezultātā iestājas kavējums (aizsargkavējums). Kavējums, kas radies kādā atsevišķā galvas smadzeņu garozas punktā, var izplatīties (iradiēt) pa visu garozu un sasniegt pat zemgarozas centrus, ja tikai šo kavējuma procesu netraucē kāds stipri uzbudināts galvas smadzeņu garozas apvidus. Kad kavējuma process ir aptvēris visu galvas smadzeņu garozu, garoza vairs neuztver ārējās vides kairinājumus un iestājas miegs.

Miegs, līdzīgi barības uzņemšanai, augstāko dzīvnieku organismam ir absolūti nepieciešams, pie tam jauniem organismiem vajadzība pēc miega ir lielāka nekā pieaugušiem. Ja pieaugušam sunim neļauj aizmigt, tas nobeidzas pēc 20 ... 25 dienām, turpreti kucēni, kuriem neļauj gulēt, nobeidzas pēc 4 ... 5 dienām (M. Manaseina). K. Bikova laboratorijā tika noskaidrots, ka dzīvniekiem, kuriem neļauj aizmigt 3 ... 4 diennaktis pēc kārtas, centrālajā nervu sistēmā iestājas patoloģiski morfoloģiskas pārmaiņas.

Miega laikā pavājinās pamatmaiņa (līdz 13%), samazinās sirds darbības frekvence (līdz 20%), pazeminās asinsspiediens (vidēji par 10%), elpošana kļūst retāka, samazinās plaušu ventilācija (vidēji par 20%), pazeminās ķermeņa temperatūra, pavājinās skeleta muskulatūras tonuss un receptoru uzbudināmība, kā arī samazinās siekalu sekrēcija un urīna atdalīšanās. Vienlaikus pastiprinās urīnkanāla, taisnās zarnas un citu slēdzējmuskuļu tonuss.

Atgremotāji un zirgi miegā pavada 4—6 stundas diennaktī, aizmiegot un pamostoties vidēji 8 reizes. Augstzīgām govīm salīdzināmā ar mazražīgām un cietstāvošām govīm ir ilgāks miegs. Vairums dzīvnieku, to skaitā arī govīs, miega laikā apguļas. Turpreti aizmiguši zirgi parasti stāv un kādreiz apguļas tikai naktī uz rīta pusi, kad tiem ir visdziļākais miegs.

Hipnoze, līdzīgi miegam, ir saistīta ar kavējuma procesiem galvas smadzeņu garozā, bet atšķirībā no miega hipnoze tiek izraisīta mākslīgi, un tās laikā kavējuma procesi galvas smadzeņu garozā ir sadalīti nevienmērīgi: starp atsevišķiem kavētiem galvas smadzeņu garozas apvidiem atrodas apvidi ar normālu vai pat paaugstinātu uzbudināmību. Caur šādu galvas smadzeņu garozas darbīgo apvidu jeb t. s. sargu punktu tad arī saglabājas kontakts ar hipnotizētāju. Tāpēc arī cilvēks, kas atrodas hipnotiskā miegā (hipnozes stāvoklī), var izpildīt hipnotizētāja pavēles.

Hipnotiskā miega paveids ir *s a s t i n g u m s*, kas var iestāties daudziem dzīvniekiem, visbiežāk putniem (vistām, baložiem

u. c.), ja tos ļoti strauji novieto nedabiskā stāvoklī, piemēram, apgriežot tos ātri uz muguras. Saglabājot pilnīgu nekustību, dzīvnieks it kā pamirst šajā neparastajā pozā. Šajā gadījumā pirmām kārtām tiek kavēti galvas smadzeņu garozas motorie (kustību) apvidi.

Cilvēkam un dzīvniekiem miegu mākslīgi var radīt arī ar narotiskām vielām (morfinu, hloroformu, ēteri u. c.)

AUGSTĀKĀS NERVU DARBĪBAS TIPI

1. Pavlovs, pētot nosacījuma refleksu veidošanos un norisi, izdalīja trīs nervu sistēmas funkcionālās pamatīpašības, kas nosaka dzīvnieku individuālās izturēšanās īpatnības, to temperamentu.

Pirmā īpašība — uzbudinājuma un kavējuma procesu spēks, kas raksturo galvas smadzeņu garozas šūnu funkcionālās spējas.

Otrā īpašība — uzbudinājuma un kavējuma procesu līdzsvars, kas raksturo attiecību starp uzbudinājuma un kavējuma stiprumiem.

Trešā īpašība — uzbudinājuma un kavējuma procesu kustīgums, kas rāda, cik ātri šie procesi nomaina viens otru.

Ievērojot šīs nervu sistēmas pamatīpašības un pamatojoties uz ilggadīgiem eksperimentāliem pētījumiem, kas tika izdarīti ar suņiem, I. Pavlovs iedalīja augstāko nervu darbību četros galvenos tipos.

1. **Spēcīgā, nelīdzsvarotā tipa** dzīvniekiem raksturīgi stipri uzbudinājuma un kavējuma procesi, pie tam uzbudinājuma procesi ir pārsvarā pār kavējuma procesiem. Šie dzīvnieki viegli uzbudināmi, ir droši, agresīvi, nevaldāmi un grūti dresējami, jo diferenciācijas spējas tiem ir samērā vāji izteiktas. Nosacījuma refleksi tomēr izveidojas ātri un ir samērā stabili. Ja nervu sistēmas darbība šādiem dzīvniekiem ir pārslogota, tiem ātri iestājas neirozes (augstākās nervu darbības traucējumi), kuru gadījumā krasi izteikti uzbudinājuma procesi.

2. **Spēcīgā, līdzsvarotā, kustīgā tipa** dzīvniekiem raksturīgi kustīgie uzbudinājuma un kavējuma procesi, kas ir arī pietiekami spēcīgi un labi līdzsvaroti. Šāda tipa dzīvnieki mierīgi, bez uztraukuma reaģē uz apkārtējās vides kairinājumiem. Nosacījuma refleksi tiem izveidojas ātri un ir stabili. Dzīvnieki ar kustīgo nervu sistēmas tipu ātri orientējas jebkuros apstākļos un ir viegli dresējami.

3. **Spēcīgā, līdzsvarotā, mierīgā (inertā) tipa** pārstāvjiem raksturīgi kavējuma procesi, kuri ir pārsvarā pār uzbudinājuma procesiem. Šādi dzīvnieki samērā ātri orientējas apkārtējās vides apstākļos, mierīgi reaģē uz apkārtējās vides kairinājumiem, bet reaģē parasti ar tādu kā vienaldzību. Tie ir mazkustīgi, paslinki un nesabiedriski dzīvnieki. Nosacījuma refleksi tiem izveidojas lēnām, bet ir ļoti stabili. Dzīvnieki, kas pieder pie šī tipa, ir samērā grūti dresējami.

4. **Vājā tipa** dzīvniekiem ir raksturīgi vāji uzbudinājuma un kavējuma procesi. Daudzi parasti kairinātāji šāda tipa dzīvniekiem izraisa kavējumu. Dzīvnieki ir nedroši. Orientēšanās reakcijas tiem ir saspriņdzinātas un turpinās ļoti ilgi. Nosacījuma refleksi veidojas lēnām un ir nestabili. Šī tipa pārstāvji ir grūti dresējami, un tiem visbiežāk ir novērojami augstākās nervu darbības traucējumi.

Jāatzīmē, ka starp šiem apskatītajiem nervu sistēmas pamattipiem ir daudz pārejas stāvokļu.

Mainot ēdināšanas un turēšanas apstākļus, kā arī ar treniņu var pastiprināt vai pavājināt dzīvnieku uzbudinājuma un kavējuma procesus un tādējādi mainīt augstākās nervu darbības tipu. Visgrūtāk tas tomēr ir veicams ar vājā nervu sistēmas tipa pārstāvjiem.

Kā jau minēts, apskatītos nervu darbības tipus I. Pavlovs ir konstatējis suņiem. Govīm, zirgiem, aitām, cūkām un putniem augstākās nervu darbības tipi ir vēl maz izpētīti. Uzskata, ka govīm un zirgiem, tāpat kā suņiem, ir četri nervu darbības pamattipi.

Augstākās nervu darbības tips izpaužas ne tikai dažādos izturēšanās veidos, bet arī iekšējo orgānu darbībā.

AUGSTĀKĀS NERVU DARBĪBAS TRAUCĒJUMI

Normāliem dzīvniekiem galvas smadzeņu garozā vienmēr pastāv noteikta attiecība (līdzsvars) starp uzbudinājuma un kavējuma procesiem. Ja tiek traucētas šo divu procesu normālās attiecības, iestājas augstākās nervu darbības traucējumi — **neirozes**.

Eksperimentāli neirozes (eksperimentālās neirozes) var izraisīt, liekot izpildīt dzīvniekam kādus grūtus uzdevumus, kas pārslogo tā augstāko nervu darbību. Tā, piemēram, vienā eksperimentā sunim mēģināja izstrādāt diferenciācijas spējas apļa atšķiršanai no elipses, pie tam, kad elipse pēc formas sāka arvien vairāk līdzināties apļa formai, dzīvniekam diferenciācijas grūtību rezultātā tika pārslogoti kavējuma procesi, izzuda visi agrāk izstrādātie nosacījuma refleksi un iestājās neirotikais stāvoklis.

Neirožu gadījumā pārmainās ne tikai augstākā nervu darbība, bet iestājas arī iekšējo orgānu darbības traucējumi: pastiprinās vai pavājinās urīna izdalīšanās, ir traucēta žults veidošanās un zarnu peristaltika, paaugstinās asinsspiediens, parādās ādas vātis, sāk attīstīties labdabīgie vai ļaundabīgie audzēji (M. Petrova, M. Usijevičs, S. Dolins).

Neirožu cēlonis var būt arī nepietiekams olbaltumvielu saturs barībā, avitaminozes un hipovitaminozes, intoksikācijas, kā arī jonizējošā radiācija (rentgenstari, ārējās vides radioaktivitāte).

XVI. Analizatoru (maņu orgānu) fizioloģija

Par analizatoriem I. Pavlovs nosauca nervu sistēmas veidojumus, kas uztver un analizē ārējās un iekšējās vides kairinājumus. Katram analizatoram izšķir trīs savstarpēji saistītas daļas: 1) receptoru, kas atrodas ķermeņa perifērijā un reaģē uz kairinājumu, 2) aferentās (jušanas) nervu šķiedras, pa kurām uztvertais kairinājums tiek pārvadīts galvas smadzeņu garozā, un 3) galvas smadzeņu garozas apvidu, kur notiek kairinājums un kur notiek augstākā analīze un sajūtu rašanās. Kairinājumu analīze, kas sākas receptoros un beidzas galvas smadzeņu lielo pusložu garozā, ir vienots process.

Pagājušā gadsimta pirmajā pusē, kad vēl nebija objektīvas metodes augstākās nervu darbības pētīšanai un dabaszinātnē bija plaši izplatīts t. s. fizioloģiskais ideālisms, pastāvēja uzskats, ka sajūtas rada nevis ārējās pasaules parādības, bet gan nervu stāvoklis, kas atkarīgs no dažādiem kairinājumiem, tāpēc tiek uztvertas nevis priekšmetu patiesās īpašības, bet gan sajūtu īpašības.

Krievu fizioloģijas korifeji I. Sečenovs un I. Pavlovs, pētot stingri objektīvi nervu sistēmas darbību, izskaidroja analizatoru lomu apkārtējās pasaules izziņāšanā no materiālistiskām pozīcijām, uzskatot, ka sajūtas ir līdzīgas ar ār pasaules priekšmetiem, ka tās pēc savas būtības ir īstenības kopijas.

Iznīcinošu triecienu fizioloģiskā ideālisma piekritēju uzskatiem deva V. I. Ļeņins savā klasiskajā darbā «Materiālisms un empirio-kriticisms». V. I. Ļeņins, analizējot maņu orgānu lomu izziņas procesā un balstoties uz materiālistiskiem priekšstatiem par ārējās pasaules atspoguļošanas cilvēka smadzenēs, norādīja, ka mūsu sajūtas atspoguļo objektīvo realitāti, t. i., to, kas eksistē neatkarīgi no cilvēces un cilvēku sajūtām, un ka tās ir objektīvās pasaules subjektīvais attēls.

ANALIZATORU VISPĀRĒJĀS ĪPAŠĪBAS

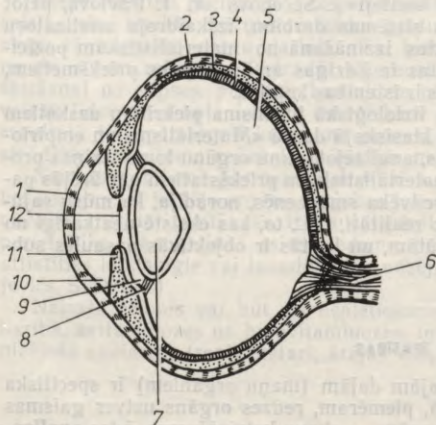
Analizatoru perifērajām daļām (maņu orgāniem) ir specifiska uzbūve un funkcija. Tā, piemēram, redzes orgāns uztver gaismas kairinājumus, dzirdes orgāns — skaņu kairinājumus, ādas analiza-

tora perifērās daļas (ādas receptori) — taktilos, temperatūras un citus kairinājumus.

Tomēr visiem maņu orgāniem ir vairākas kopīgas īpašības, no kurām svarīgākās ir augsta uzbudināmība, adaptācija un pēcdarbība.

Maņu orgānu augstai uzbudināmībai raksturīgi tas, ka visi maņu orgāni reagē uz ļoti niecīgiem adekvātiem kairinājumiem. Tā, piemēram, redzes orgānam gaismas enerģijas sliekšņa kairinātājs ir 5 ... 8 gaismas enerģijas kvanti. (Ja šo enerģijas daudzumu lietotu ūdens sasildīšanai, tad 1 ml ūdens temperatūras paaugstināšanai par 1°C būtu vajadzīgi vairāki desmiti miljonu gadu.) Maņu orgānu uzbudināmība ir arī atkarīga no galvas smadzeņu garozas funkcionālā stāvokļa. Tā, piemēram, kofeīns, kas paaugstina centrālās nervu sistēmas uzbudināmību, paaugstina arī maņu orgānu jutību.

Adaptācija ir receptoru piemērošanās kairinātāja stiprumam. Katrs analizators vairāk vai mazāk spēj adaptēties, t. i., pielāgoties adekvāto kairinātāju stipruma maiņai, t. i., mainās analizatora kairinājuma sliekšnis, tā jutība. Kā adaptācijas piemēru var minēt acs pielāgošanos apgaismojuma intensitātei: spilgtā gaismā redzes orgāna jutība ir stipri vājāka nekā tumsā (sk. «Acs adaptācija» 358. lpp.). Receptoru uzbudināmības samazināšanos adaptācijas gadījumā izskaidro ar vietējiem fizikālajiem un ķīmiskajiem procesiem, kā arī ar aizsargkavējuma attīstību attiecīgajā galvas smadzeņu garozas apvidū. Maņu orgānu adaptācijai ir liela bioloģiska nozīme, jo tā nodrošina analizatoru normālu darbību visdažādākajos apkārtējās vides apstākļos.



59. att. Acsbola griezuma shēma:

- 1 — radzene, 2 — cīpslene,
- 3 — dzišlene, 4 — tiklens,
- 5 — stiklveida ķermenis,
- 6 — redzes nervs, 7 — lēca, 8 — lēcas turētājsaitē,
- 9 — acs priekšējā kamera,
- 10 — acs aizmugurējā kamera,
- 11 — varavīksnene, 12 — zilīte.

Par pēcdarbību sauc analizatoru īpašību saglabāt zināmu laiku savā centrālajā daļā (galvas smadzeņu garozas apvidū) uzbudinājumu pēc kairinātāja darbības izbeigšanas.

Daudzos novērojumos un eksperimentālajos pētījumos noskaidrots, ka viena analizatora kairinājums ietekmē otra analizatora uzbudināmību. Tā, piemēram, cilvēkam redzes receptoru kairinājumi paaugstina dzirdes analizatoru jutību, bet vestibulārā aparāta kairinājuma ietekmē (atliecot galvu atpakaļ) pavājinās redzes analizatora jutība.

REDZES ANALIZATORS

Ar redzes analizatoru dzīvnieki uztver gaismas kairinājumus un nosaka priekšmetu formu, lielumu, krāsu un attālumu, kādā tie atrodas no acs.

Redzes analizatora perifērās daļas (acsābola) sienā izšķir trīs apvalkus: ārējo (*tunica fibrosa s. externa*), vidējo (*tunica vasculosa s. media*) un iekšējo apvalku (*tunica nervea s. interna*).

Acsābola sienas ārējais apvalks sadalās divās daļās: cīpslenē (*sclera*) un radzenē (*cornea*). Cīpslene, kas veidota no fibroziem saistaudiem, aizņem apmēram $\frac{4}{5}$ no acsābola sienas ārējās virsmas (59. att.).

Pie cīpslenes piestiprinās acs gļotāda (*conjunctiva*) un muskuļi. Caurspīdīgā un nedaudz uz āru izliektā radzene aizņem acsābola sienas ārējā apvalka priekšējo daļu.

Acsābola sienas vidējais apvalks sastāv no dzīslenes (*chorioidea*), starenes (*corpus ciliare*) un varavīksnēnes (*iris*). Dzīslene, kas piekļaujas cīpslenei no iekšpuses, ir ļoti bagāta ar asinsvadiem un pigmentšūnām. Tajā vietā, kur cīpslene pāriet radzenē, dzīslene veido apaļu vertikālu plātnīti — varavīksneni, kura satur daudz pigmenta, kas piešķir acij kādu noteiktu krāsu. Albīniem dzīvniekiem, piemēram, albīniem trušiem, varavīksnenē pigmenta nav, un tā izskatās sarkana. Varavīksnēnes centrā ir sprauga — zilīte jeb redzoklis (*pupilla*), kuras lielums viegli mainās atkarībā no apgaismojuma intensitātes: spilgtā gaismā zilīte sašaurinās un ierobežo gaismas staru iekļūšanu acī, bet vājā apgaismojumā — paplašinās. Zilītes diametrs mainās, pateicoties varavīksnēnes muskuļa kontrakcijām. Varavīksnēnes cirkulārais muskuļšķiedru slānis (*m. sphincter pupillae*) zilīti sašaurina, bet radiālais (*m. dilatator pupillae*) — to paplašina. Zilītes sašaurinātājas muskuļšķiedras inervē parasimpātiskie nervi, bet paplašinātājas muskuļšķiedras — simpātiskie nervi.

Aiz varavīksnēnes atrodas caurspīdīgs, abpusēji izliekts ķermenis — lēca (*lens crystallina*).

Acisābola sienas iekšējo kārtu, kas atrodas dzīslenes priekšpusē, sauc par tīkleni (*retina*). Pēc uzbūves un funkcijām tīklene uzskatāma par nervu sistēmas daļu. Tīklēnes sastāvā ietilpst neiroepitēlijs, ko veido nūjiņas un vāļītes. Nūjiņas un vāļītes ir redzes nerva gala šūnas, resp., redzes receptori, kas uztver gaismas kairinājumus: nūjiņas uztver gaismas spilgtumu, bet vāļītes — krāsu. Tīklēnes uzbūve ir ļoti komplicēta. Tajā izšķir 11 šūnu kartas, no kurām pirmās piecas, skaitot no ārpusē, pieder pie neiroepitēlija slāņa, bet pārējās sešas kārtas — pie smadzeņu slāņa. Bez nervu elementiem tīklene satur vēl balstaudus (glijas šūnas). Tīklēnē izšķir redzes nerva izešanas vietu — aklo plankumu un vislabākās redzes vietu — dzelteno plankumu (mājdzīvniekiem apaļo centrālo zonu).

Visa acsābola iekšiene ir piepildīta ar recekļveidīgu, caurspīdīgu masu — stiklveida ķermeni (*corpus vitreum*). Stiklveida ķermeņa sastāvā ietilpst ūdens (98,5%), olbaltumvielas un smalkas, caurspīdīgas šķiedras, kas savstarpēji krustojas.

Acī ir divas kameras. Telpu starp radzeni un varavīksneni sauc par acs priekšējo kameru (*camera bulbi anterior*), bet telpu starp varavīksneni un lēcu — par acs pakalējo kameru (*camera bulbi posterior*). Abas acs kameras ir izklātas ar endotēliju un satur caurspīdīgu šķidrumu (*humor aqueus*).

Redzes nerva šķiedras izbeidzas galvas smadzeņu lielo pusložu pakauša daļā. Daļa redzes nerva šķiedru izbeidzas četrkalnes priekšējos pauguros (sk. 339. lpp.), kur atrodas nervu centri, kas nosaka orientēšanās reakcijas uz gaismas kairinājumiem.

ACS OPTISKĀ SISTĒMA

Gaismas stari, pirms tie nonāk tīklēnē, tiek vairākkārt laužti. Rezultātā uz tīklēnes rodas apgriezts un samazināts priekšmeta attēls. Gaismas staru laušanas uzdevumu veic radzene, acs priekšējā kamera, lēca un stiklveida ķermenis.

Lai dzīvnieks varētu skaidri saskatīt kādu priekšmetu, tā atstarotajiem gaismas stariem ir jāsaņem fokusā tieši uz tīklēnes. Normālā acī uz tīklēnes parasti krustojas tikai paralēli ejošie gaismas stari. Ja priekšmeta atstarotie gaismas stari saņem fokusā tīklēnes priekšpusē vai arī aiz tās, priekšmeta attēls ir neskaidrs.

Lai varētu skaidri redzēt priekšmetus, kuri atrodas dažādā attālumā no redzes orgāna un kuru atstarotie gaismas stari acī neienāk paralēli, acs optiskai sistēmai jāmaina staru laušana tā, lai stari krustotos tīklēnē. Pārmaiņas acs optiskajā sistēmā, kuru uzdevums panākt, lai stari, kas nāk no dažādā attālumā esošiem priekšmetiem, krustotos tīklēnē, sauc par acs akomodāciju. Putniem un zīdītājiem acs akomodāciju nosaka galvenokārt lēcas izliekumu maiņa.

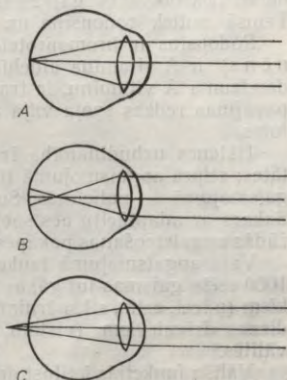
Lēcas izliekums mainās, kontrahējoties starenes muskuļim (*m. ciliaris*) un no tā atejošai lēcas turētājsaitei jeb starenes jostai (*zonula ciliaris*). (Starenes josta ar smalkiem šķiedru kūliņiem ir piestiprināta pie lēcas ekvatora.) Apskatot priekšmetus, kuru atstarotie gaismas stari acī ienāk ļoti slīpi, kontrahējas starenes muskuļis un atslābst starenes josta, lēca kļūst apaļāka un stiprāk lauž gaismas starus. Savukārt, apskatot tālu novietotus priekšmetus, kuru atstarotie gaismas stari acī ienāk gandrīz paralēli, starenes muskuļis atslābst, bet sasprindzinās (iestiepjas) starenes josta, līdz ar to lēca kļūst plakanāka un vājāk lauž gaismas starus. Abos gadījumos priekšmetu atstarotie stari saiet fokusā uz tiklenes. Vienlaikus ar lēcas izliekuma maiņu mainās arī zīlītes diametrs: apskatot priekšmetus tālumā, zīlīte paplašinās, bet, skatoties tuvumā, — sašaurinās. Jāatzīmē tomēr, ka acs var pielāgoties skaidri redzēt priekšmetus tikai noteiktās tāluma un tuvuma punktu robežās. Organismam novecojoties, lēcas elastība samazinās un tās akomodācijas spēja mazā attālumā pavājinās.

Starenes muskuļa kontrakcijas notiek reflektoriski un ir atbildes reakcija uz kairinājumu, ko rada priekšmeta neskaidrās attēls tiklenē. Starenes muskuļa kontrakcijas izraisa parasimpātiskās nervu šķiedras, kas ietilpst acs muskuļu nerva (*n. oculomotorius*) sastāvā. Ievadot aci atropīnu, kas paralizē parasimpātisko nervu šķiedru galus, acs akomodācija kļūst neiespējama.

Apskatot priekšmetus tuvumā, vienlaikus ar acs akomodāciju tiek tuvinātas redzes asis: labā acs pagriežas pa kreisi un kreisā — pa labi. Šo parādību sauc par konvergenci. Ja apskatāmais priekšmets attālinās, redzes asis atvērās — notiek divergences. Abu acsābolu kustības ir stingri saskaņotas, jo smadzeņu centri, kas regulē vienas acs kustības, ir cieši saistīti ar otras acs kustību centriem.

Konverģencei un diverģencei, kā arī lēcas akomodācijai ir svarīga nozīme priekšmeta lieluma un attāluma noteikšanā.

Ja gaismas staru laušanas spēja acij ir ļoti stipri izteikta vai arī ja acsābols ir stipri izstiepts (garš), tad paralēli ejošie gaismas stari saiet fokusā nevis uz acs tiklenes, bet gan tās priekšpusē. Šādu aci sauc par tuvredzīgu (*myopia*). Ja turpretī acs optiskā sistēma ļoti vāji lauž gaismas



60. att. Gaismas staru laušana acī:
A — normāla acs, B — tuvredzīga acs,
C — tālrredzīga acs.

starus vai arī ja acsābols ir ļoti īss, tad acī paralēli ienākošie gaismas stari krustojas aiz tiklenes. Šādu aci sauc par tālredzīgu (*hypermetropia*) aci (60. att.).

Arī normālai acij ir dažas refrakcijas (gaismas staru laušanas) nepilnības. Pie normālās acs refrakcijas nepilnībām pieder astigmātisms, kā arī sfēriskā un hromatiskā aberācija. Astigmātismam raksturīgs tas, ka radzenei (retāk citām gaismas staru laužējām daļām) dažādos meridiānos nav vienāds izliekums, tādēļ visi acī ieejošie paralēlie gaismas stari netiek vienādi laužti. Sfēriskā aberācija izpaužas ar to, ka gaismas stari, kas krīt acs centrā, tiek laužti vājāk nekā tie stari, kas krīt uz acs perifēriju. Par hromatisko aberāciju sauc parādību, kad nevienādi tiek laužti dažāda viļņu garuma stari: jo mazāks ir stara viļņa garums, jo stiprāk tas tiek laužts.

Astigmātisma un aberācijas parādības normālā acī tiek novērstas ar acs akomodāciju.

TĪKLENES FIZIOLOĢIJA

Tiklenes nūjiņas un vāļītes satur gaismas jutīgas vielas: nūjiņās atrodas sarkanais rodopsīns (redzes purpurs), bet vāļītēs — violetais jodopsīns. Rodopsīns attiecībā pret gaismu ir ievērojami jutīgāks par jodopsīnu. Apgaismojumā abas tiklenes gaismas jutīgās vielas sadalās un zaudē krāsu. Šī fotoķīmiskā reakcija izraisa tiklenes nervu elementu uzbudinājumu, kas pa redzes nervu tiek novadīts galvas smadzenēs, kur rodas redzes sajūta. Tumsā notiek rodopsīna un jodopsīna resintēze (reģenerācija).

Rodopsīns ir hromoproteīds, kura prostētiskā grupa (retinēns) ir A vitamīna aldehīds. Ja acs tiklene nesatur pietiekamā daudzumā A vitamīnu, ir traucēta rodopsīna resintēze, līdz ar to pavājinās redzes spēja vājā apgaismojumā, rodas t. s. vistas akluks.

Tiklenes uzbudināmība ir atkarīga no apgaismojuma intensitātes: stiprā apgaismojumā tiklenes jutība samazinās, bet vājā apgaismojumā — palielinās. Šo parādību sauc par adaptāciju. Sakarā ar adaptāciju acs spēj pielāgoties saskatīt priekšmetus dažādās apgaismošanas pakāpēs.

Vājā apgaismojumā funkcionē tikai nūjiņas, kas ir apmēram 1000 reižu gaismas jutīgākas nekā vāļītes. Tāpēc arī nakts dzīvniekiem (pūcei, ezim, sikspārnim) ir attīstītas galvenokārt nūjiņas, bet dienas dzīvniekiem (vistām, baložiem) tiklenē ir gandrīz tikai vāļītes.

Vāļīšu funkcijās ietilpst arī krāsu redze.

Tiklenē ir trīs vāļīšu grupas, un katra no tām satur savu specifisku gaismas jutīgo vielu, kas reaģē tikai uz noteikta garuma gaismas staru viļņiem: vienās vāļītēs šī gaismas jutīgā viela sadalās spektra sarkano staru ietekmē, otrajās — zaļo un trešajās —

violeto staru ietekmē. Sašķēloties šīs vielas iedarbojas uz redzes nerva galiem, izraisot tajos uzbudinājumu, kas nonāk galvas smadzeņu garozā un rada sarkanās, zaļās vai violetās krāsas sajūtu (atkarībā no tā, kādas grupas vālišu gaismas jutīgā viela sairst). Ja vienlaikus sairst divu vai visu triju vālišu grupu gaismas jutīgās vielas, krāsas sajūta ir atkarīga no tā, kādas attiecības pastāv starp katra vālišu veida uzbudinājuma intensitāti, t. i., cik intensīvi sadalās katras vālišu grupas gaismas jutīgā viela. Ja gaismas jutīgā viela sairst vienādi intensīvi visās trijās vālišu grupās, rodas baltās krāsas sajūta.

Ar nosacījuma refleksiem ir noskaidrots, ka dažādu grupu dzīvniekiem krāsu redze nav vienāda. Nemaz krāsu redzes nav pelēm un trušiem, kā arī visiem naktis dzīvniekiem. Ļoti slikti krāsas atšķir suņi (L. Orbeli). Govis izšķir sarkano, dzeltēno, zaļo un zilo krāsu.

Acs aizsargogāni. Pie acs aizsargogāniem pieder plakstiņi un asaru aparāts.

Plakstiņi pasargā acis no dažādiem ārējās vides mehāniskiem kairinājumiem: tie reflektoriski kontrahejas (sakļaujas), ja tiek kairināta radzene. Abiniekiem, rāpuļiem un putniem acu plakstiņus aizstāj puscaurspīdīga mirkšķināšanas plēvīte.

Asaras, ko izdala asaru dziedzeris (*glandula lacrimalis*), samitrina radzeni un nomazgā no tās svešķermeņus (putekļus). Asaru šķidrums satur baktericīdu vielu lizozīmu, kas pasargā radzeni un konjunktīvu no infekcijas ierosinātājiem. Apskalojot acsābolu un konjunktīvu, asaras satek asaru maisiņā (*saccus lacrimalis*), kas atrodas mediālajā acs kaktiņā. No asaru maisiņa asaras ieplūst asaru deguna kanālā (*canalis nasolacrimalis*).

DZIRDĒS ANALIZATORS

Dzirdes analizatora perifērā daļa (auss) sastāv no trim daļām: ārējās auss, vidusauss un iekšējās auss. Auss ir ne tikai dzirdes, bet arī ķermeņa līdzsvara uzturēšanas orgāns (sk. «Ķermeņa līdzsvara analizators» 365. lpp.).

Ārējā auss sastāv no auss skrimstalas (gliemežnīcas) un ārējās auss ejas. Vairumam zīdītāju auss skrimstala ir kustīga un tāpēc labi pielāgota skaņas, it īpaši tās virziena uztveršanai. Putniem nav auss skrimstalas (tās trūkumu kompensē galvas kustīgums). Skrimstalas sašaurinātā daļa pāriet ārējās auss ejā, kas, līdzīgi ruporam, novada skaņu viļņus vidusausī (bungdobumā). Ārējās auss ejas ādā atrodas pārveidoti tauku dziedzeri, kas izdala t. s. auss sēru. Auss sērs, kas pastāvīgi ieziež ārējās auss eju un bungādiņu, aiztur svešķermeņus (putekļus un pasargā bungādiņu no izžūšanas).

Bungādiņa (*membrana tympani*), kas norobežo vidusausi no ārējās auss, uztver gaisa svārstības un pārvada tās uz vidusausa skaņas vadišanas sistēmu. Bungādiņa ir 0,1 ... 0,2 mm bieza.



61. att. Auss uzbūves shēma:

- 1 — ārējās auss eja, 2 — bungādiņa, 3 — āmuriņi, 4 — laktiņa, 5 — kāpslītis, 6 — dzirdes kanāls, 7 — gliemezis, 8 — labirinta priekštelpa, 9 — pusloka kanāli.

Vidusausī atrodas dzirdes kauliņi — ā m u r i ņ š, l a k t i ņ a un kāpslītis, kas pārvada bungādiņas svārstības uz iekšējo ausi (61. att.). Vidusausis mediālajā sienā ir divas ar plānu plēvīti pārklātas atveres — o v ā l a i s un a p a ļ a i s l o d z i ņ š, kas ved uz iekšējo ausi. Ovālā lodziņa plēvītei piekļaujas kāpsliša pamats. Vidusausis dobumu īpašs dzirdes kanāls (*tuba auditiva s. Eustachii*) savieno ar rīkles dobumu. Sakarā ar to vidusausī ir tāds pats spiediens kā ārējā gaisā, kas nepieciešams bungādiņas normālai darbībai.

Iekšējā auss jeb labirints atrodas deniņu kaula piramidā un sastāv no dobumiem un kanāliem, kas izklāti ar epitēliju. Izšķir k a u l a i n o un p l ē v a i n o (plēves) l a b i r i n t u. Plēvainais labirints atrodas kaulainā labirinta iekšpusē. Telpu starp kaulaino un plēvaino labirintu piepilda šķidrums — p e r i l i m f a, bet plēvainā labirinta dobumu — e n d o l i m f a. Labirintam ir trīs daļas: p r i e k š t e l p a (*vestibulum*), p u s l o k a k a n ā l i (*canales semicirculares*) un g l i e m e z i s (*cochlea*). Gliemezī atrodas dzirdes orgāns, bet priekštelpa un pusloka kanāli ir ķermeņa līdzsvara uzturēšanas orgāni.

Gliemezis ir saritināts kanāls (līdzīgs dārza gliemeža gliemežnīcai), kura iekšpusē atrodas dzirdes analizatora uztverējaparāts — K o r t i j a o r g ā n s. Kortija orgānā atrodas apmēram 40 000 dažāda garuma elastīgu šķiedru («stīgas»).

Skaņu viļņi pa ārējās auss eju nonāk līdz bungādiņai un tālāk pa vidusausis dzirdes kauliņiem līdz apaļā lodziņa plēvītei, kuras svārstības pāriet uz gliemeža endolimfu. Savukārt endolimfas svārstības iekustina Kortija orgānā iestieptās elastīgās šķiedras. Saskaņā ar rezonanses parādību dažāda garuma skaņu viļņi ierosina atbilstošā garuma Kortija orgāna šķiedru svārstības: isās šķiedras,

kas novietotas gliemeža pamatā, noskaņotas uz augstiem toņiem, bet garās šķiedras, kas atrodas gliemeža galotnē, uztver zemos toņus.

Kortija orgāna elastīgo šķiedru svārstības uzbudina tam pieejās dzirdes nerva šķiedras, kas uzbudinājumu novada galvas smadzeņu garozas deniņu apvidū, kur tad arī rodas dzirdes sajūta.

Dzirdes orgānam ir noteiktas skaņu uztveres robežas. Tā, piemēram, cilvēka dzirdes orgāns uztver tikai tās gaisa svārstības, kuru frekvence ir 16 000 ... 20 000 svārstību sekundē. (Skaņas, kuru svārstību frekvence pārsniedz 20 000, sauc par ultraskaņām.) Dažu sugu dzīvniekiem skaņu uztveršanas diapazons ir daudz lielāks nekā cilvēkiem. Tā, piemēram, suņiem ir iespējams izstrādāt nosacījuma refleksus uz skaņām ar 38 000 svārstību sekundē.

Viena no svarīgākajām dzirdes analizatora īpašībām ir *a d a p t ā c i j a*: ilgstošu un stipru skaņu ietekmē dzirdes analizatora jutība pavājinās, bet pilnīgā klusumā jutība pastiprinās.

Cilvēks un augstākie dzīvnieki spēj ļoti labi noteikt arī skaņas virzienu (skaņas avota atrašanās vietu). Skaņas virziena noteikšana ir saistīta ar abu ausu vienlaicīgu funkcionēšanu: ausi, kas atrodas tuvāk skaņas avotam, skaņa sasniedz ātrāk un kairina stiprāk. Galvas smadzeņu garoza analizē abu ausu uztvertos kairinājumus un rada priekšstatu par skaņas avotu atrašanās vietu.

Svarīga nozīme skaņas virziena noteikšanā ir galvas un ausu skrimstalu kustībām.

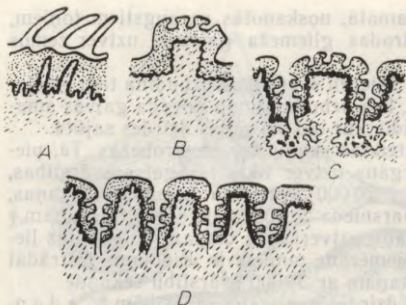
GARŠAS ANALIZATORS

Garšas analizatora perifērā daļa ir garšas pumpuri (garšas receptoru sakopojumi), kas atrodas speciālās mēles kārpīņās. Izšķir 1) diegveida, 2) sēņveida, 3) vaļņveida un 4) lapveida garšas kārpīņas (62. att.). Garšas receptori atrodas galvenokārt uz mēles un nelielā daudzumā arī miksto aukslēju, rīkles mugurējās sienas, uzbalseņa un barības vada sākuma daļas gļotādā. Garšas receptorus kairina dažādu ķīmisku vielu ūdens šķīdumi. Tās vielas, kas ūdenī nešķīst, neizraisa garšas sajūtu.

Izšķir saldu, rūgtu, sāļu un skābu garšu. Pārējās garšas sajūtas ir šo četru pamatsajūtu kombinācijas.

Garšas receptori, kas uztver saldu garšu, ir novietoti galvenokārt uz mēles gala. Savukārt receptori, kas uztver rūgtu garšu, atrodas galvenokārt uz mēles saknes, bet receptori, kas uztver sāļu un skābu garšu, atrodas uz mēles sānu malām.

Garšas sajūtu uztverē liela nozīme ir ožai. Ja ir traucēta oža, garšas sajūta pavājinās. Liela nozīme garšas sajūtās ir arī mutes dobuma gļotādas taktilo, sāpju un termoreceptoru kairinājumiem. Tā, piemēram, auksta vai stipri karsta barība rada mazāku garšas sajūtu.



62. att. Garšas kārpīņas:
A — diegveida, B — sēņveida, C —
vaļņveida, D — lapveida.

Garšas analizatoram liela nozīme ir barības novērtēšanā. Zālēdājiem, kuri ilgi košļā barību, garšas sajūta ir attīstīta ļoti labi. Sliktāk attīstīta garšas sajūta ir plēsīgajiem dzīvniekiem. Vāji attīstīta garša ir putniem, turpretī zivīm garša attīstīta ļoti labi. G. Azimova laboratorijā ar nosacījuma refleksu metodes palīdzību noskaidrots, ka govīs ļoti viegli atšķir visus četrus garšas sajūtu veidus, pie tam viszemākais jutības sliekšnis ir rūgtai garšai, piemēram, hinīnam, bet visaugstākais — saldai garšai (cukuram). Garšas receptoriem, līdzīgi citiem receptoru veidiem, piemīt adaptācijas spēja. Tāpēc govīm, ja tām ilgstoši izēdina skābbarību, pavājinās skābās garšas sajūta.

OŽAS ANALIZATORS

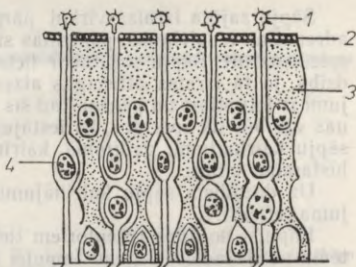
Ožas analizatora perifērā daļa (ožas receptori) atrodas deguna dobuma augšējo gliemežnicu vidējā daļā un deguna šķērsienā. Katra ožas šūna izbeidzas gļotādas virsmā ar īpašu ožas pūslīti, no kura atiet vairākas nelielas skropstiņas (63. att.). Ožas šūnu izaugumi veido ožas nervu, pa kuru impulsi nonāk ožas analizatora centrālajā daļā — hipokampa krokā galvas smadzeņu lielajās puslodēs. Ožas receptora adekvātais kairinātājs ir ķīmiskas vielas. Lai ožas šūnas nonāktu uzbudinājuma stāvoklī, smaržojošo vielu molekulām jāadsorbējas un jāizšķīst uz ožas epitēlija mitrās virsmas. Jāatzīmē, ka šo vielu piekļūšanu ožas receptoriem nodrošina virpuļveidīgas gaisa kustības, kas rodas pastiprinātā ieelpā. Mierīgi elpojot, gaisa strūkļa šim deguna gļotādas apvidum piekļūst tikai neliela daudzumā.

Ožas analizatora uzbudinājums bieži izraisa pārmaiņas arī citās organisma funkcijās. Tā, piemēram, dažas smaržojošas vielas (ēteris, hloroforms, ožamais spirts) kairina ne tikai ožas receptorus, bet rada arī reflektoriskas elpošanas pārmaiņas. Ožas recep-

cijai ir arī liela nozīme dažādu garšas sajūtu ģenēzē.

Ožas receptoru jutība vairumam zidītāju ir ļoti augsta. Tā, piemēram, govīs sajūt amonjaka smaržu pat koncentrācijā 1:100 000, bet suns spēj saost pat vienu molekulu smaržojošas vielas viena litra tilpumā.

Ja atsevišķas smaržas iedarbība turpinās ilgstoši, ožas receptori adaptējas un šī smarža vairs nav sajūtama. Ožas jutību ietekmē dažādi ārējās vides faktori, piemēram, gaisa (barometriskais) spiediens, kā arī apkārtējās vides temperatūra (vislielākā ožas jutība ir 37...38°C temperatūrā).



63. aff. Ožas epitēlija uzbūves shēma:

1 — ožas pūslītis, 2 — robežmembrāna, 3 — balsla šūnas, 4 — ožas šūnas

ĀDAS JUŠANAS ANALIZATORS

Ādā atrodas daudzi receptori, kas uztver dažādus ārējās vides kairinājumus. Izšķir taktilos (jušanas), siltuma, aukstuma un sāpju receptorus. Visi šie receptoru veidi atšķiras cits no cita pēc uzbūves, lokalizācijas vietas atsevišķos ādas apvidos, novietojuma dziļuma ādā un uzbudināmības.

Taktilie receptori (Merkela taustes šūnas) galvenokārt ir sargrupēti ap matu saknēm. Citi taktilie receptori atrodas zem epidermas (arī zemādas audos).

Taktilie receptori ļoti ātri adaptējas. Iedarbojoties konstantam (pastāvīgam) kairinājumam, piemēram, vienmērīgam spiedienam uz ādas virsmas, šo receptoru uzbudināmība pazeminās un kairinājums vairs nav sajūtams. Taktilo jutību ietekmē dažādi iekšējie un ārējie faktori. Tā, piemēram, taktilo receptoru jutība pavājinās, ja ir pazemināta apkārtējās vides temperatūra. To jutība pazeminās arī nogurumā.

Termoreceptori, kas uztver temperatūras pārmaiņas, ir novietoti gan ādas retikulārajā slānī (aukstuma receptori), gan arī zemādas audos (siltuma receptori). Bez tam termoreceptori atrodas arī deguna dobuma, barības vada, kuņģa, kā arī žultspūšļa un urīnpūšļa gļotādā. Jāatzīmē, ka aukstuma receptoru ir vairāk nekā siltuma receptoru. Aukstuma un siltuma receptori spēj adaptēties apkārtējās vides temperatūrai.

Sāpju kairinājums uztver brīvie nervu gali epidermā un ištajā ādā. Bez tam sāpju sajūtu var izraisīt arī pietiekami stiprs citu receptoru kairinājums ne tikai ādā, bet arī iekšējos orgānos.

Sāpju sajūta izraisa virkni pārmaiņu organismā: pastiprinās adrenalīna izdalīšanās, paātrinās sirdsdarbība, paaugstinās asinsspiediens utt. Sāpju sajūtai ir liela nozīme organisma pašaizsardzībā, jo tā izraisa attiecīgas aizsargreakcijas. Ja sāpju kairinājumi ir ļoti stipri un pēkšņi, tad šīs reflektoriskās funkciju pārmaiņas var būt tik spēcīgas, ka iestājas šoks un pēc tam nāve. Stipru sāpju kairinājumu gadījumā kairinātajā ādas apvidū palielinās histamīna saturs.

Uz dažādiem sāpju kairinājumiem ļoti ātri izveidojas nosācījuma refleksi.

Impulsi no ādas receptoriem tiek vadīti uz centrālo nervu sistēmu pa dažādiem ceļiem. Impulsi no taktiliem receptoriem iet pa muguras smadzeņu dorsālajiem ragiem uz iegarenajām smadzenēm un tālāk uz redzes pauguriem. Uzbudinājums, kas radies temperatūras un sāpju receptoru kairinājuma rezultātā, izplatās pa nervu šķiedrām uz muguras smadzeņu pelēko vielu un tālāk uz redzes pauguriem. Tādējādi impulsi no ādas receptoriem nepārtraukti signalizē centrālajai nervu sistēmai par ārējās vides kairinātāju iedarbību.

ĶERMEŅA LĪDZSVARA ANALIZATORS

Ķermeņa līdzsvara analizatora perifērā daļa ir iekšējās auss vestibulārais aparāts (labirinta priekštelpa un pusloka kanāli).

Labirinta priekštelpā (*vestibulum*), kas pildīta ar endolimfu, atrodas otolīti (kalcijs fosfāta kristāli); tie fiksēti neuroepitēlija šūnu matiņos un signalizē par galvas stāvokli telpā.

No vestibulārā aparāta priekštelpas atiet trīs pusloka kanāli (novietoti savstarpēji perpendikulārās plāksnēs), kas pildīti ar endolimfu. Katra kanāla galā ir īpašs paplašinājums (ampula), kurā atrodas receptori, t. i., neuroepitēlija šūnas ar matveida izaugumiem. Šo receptoru adekvātais kairinātājs ir pārmaiņas endolimfas spiedienā, kas rodas ķermeņa kustību ietekmē. Jāatzīmē, ka vienmērīgā kustībā endolimfas spiediens uz pusloka kanāla sienām nemainās. Turpretī, mainoties kustību raksturam, piemēram, kustībai paātrinoties, tai sākoties, beidzoties utt., endolimfa inerces dēļ pārvieļojas un spiež uz nervu šūnu matiņiem, saliec tos, tādējādi radot nervu šūnās uzbudinājumu.

Impulsi, kas radušies vestibulārā aparāta kairinājuma rezultātā, pa vestibulārā nerva šķiedrām tiek novadīti uz iegarenajām smadzenēm, vidussmadzenēm un smadzenītēm un izraisa reflektoriskas pārmaiņas vidukļa, ekstremitāšu un kakla muskuļu tonusā.

Literatūra

1. *Maņeviņš Z.* Lauksaimniecības dzīvnieku iekšķīgo slimību kliniskā diagnostika. R., 1968. 389 lpp.
2. *Kolb E.* Lehrbuch der Physiologie der Haustiere. 2. Auflage. Jena, 1974. 1025 S.
3. *Kolb E., Gürtler H.* Ernährungsphysiologie der landwirtschaftlichen Nutztiere. Jena, 1971. 957 S.
4. *Ozoliņš P.* Lauksaimniecības dzīvnieku anatomija. R., 1975. 394 lpp.
5. *Азимов Г. И., Криницин Д. Я., Попов Н. Ф.* Физиология сельскохозяйственных животных. Изд. 2-е. М., 1958. 580 с.
6. *Аккерман Ю.* Биофизика. Перевод с английского. М., 1964. 676 с.
7. *Боген Г.* Современная биология. Перевод с немецкого. М., 1970. 411 с.
8. *Вальдман А. Р.* Витамины в животноводстве. Рига, 1977. 352 с.
9. *Георгиевский В. И.* Практическое руководство по физиологии сельскохозяйственных животных. М., 1976. 347 с.
10. *Диксон М., Уэбб Э.* Ферменты. Перевод с английского. М., 1966. 771 с.
11. *Дэгли С., Никольсон Д.* Метаболические пути. Перевод с английского. М., 1973. 310 с.
12. *Костин А. П., Мещеряков Ф. А., Сысоев А. А.* Физиология сельскохозяйственных животных. М., 1974. 478 с.
13. *Ленцинджер А.* Биохимия. Перевод с английского. М., 1976. 957 с.
14. *Мак-Дональд М., Эдвардс Р., Гринхалдж Дж.* Питание животных. Перевод с английского. М., 1970. 499 с.
15. *Малер Г., Кордес Ю.* Основы биологической химии. М., 1970. 567 с.
16. *Павлов И. П.* Физиология пищеварения. М., 1952.
17. *Попов И. С., Дмитроченко А. П., Крылов В. М.* Протеиновое питание животных. М., 1975. 367 с.
18. *Проссер Л., Браун Ф.* Сравнительная физиология животных. Перевод с английского. М., 1967. 761 с.
19. *Стивенс С. С.* Экспериментальная физиология. М., 1960.
20. *Физиология сельскохозяйственных животных.* М., 1967. 449 с.

I. Ievads (R. Daugerts)	5
Fizioloģijas priekšmets un uzdevumi	5
Fizioloģijas attīstības vēsture	6
II. Organisma funkciju regulācija (Dz. Zariņa)	10
Organisma vielu un enerģijas maiņa kā galvenā dzīvības izpausme	10
Uzbudināmība un uzbudinājums	10
Kairinātāji un uzbudinājuma rašanās	10
Uzbudināmība	12
Bioelektriskās parādības audos	13
Refleksi	14
Organisma funkciju humorālā regulācija	17
III. Gremošana (R. Daugerts)	19
Gremošanas uzdevums	19
Gremošanas orgānu un funkciju filogēnēze	20
Izsalkums un slāpes	22
Gremošana mutes dobumā	23
Barības uzņemšana un košļāšana	23
Siekalu sekrēcija	24
Siekalu īpašības, sastāvs un fizioloģiskā nozīme	25
Siekalu sekrēcijas pētīšanas metodes	26
Siekalu sekrēcijas regulācija	27
Siekalu veidošanās mehānisms	30
Siekalu sekrēcijas īpatnības dažādu sugu dzīvniekiem	30
Rīšana	32
Barības pārvietošanās pa barības vadu	34
Gremošanas procesi kuņģī	34
Kuņģa sulas sekrēcijas pētīšanas metodes	34
Kuņģa sulas sastāvs un īpašības	36
Kuņģa sulas sekrēcijas regulācija	38
Kuņģa motorika	42
Barības pāreja no kuņģa divpadsmitpirkstu zarnā	43
Vemšana	45
Gremošanas process atgremotāju kuņģī	46
Atgremotāju kuņģa uzbūves īpatnības	46

Barības pārstrāde priekškuņģos	48
Priekškuņģu kustības	55
Atgremošana	56
Atraugas	57
Gremošanas process glumeniekā	58
Gremošanas īpatnības zirga kuņģī	58
Gremošanas īpatnības cūkas kuņģī	59
Gremošanas procesi tievajās zarnās	59
Aizkuņģa dziedzeru sekrēcija	60
Azkuņģa dziedzeru sekrēcija	60
Aizkuņģa dziedzeru sekrēcijas regulācija	61
Aizkuņģa dziedzeru sekrēcijas īpatnības atgremotājiem, cūkām un zirgiem	63
Zults veidošanās un izdalīšanās	63
Zults sastāvs un īpašības	64
Zults nozīme gremošanā	65
Zults veidošanās regulācija	66
Zults izdalīšanās	66
Zarnu dziedzeru sekrēcija	67
Zarnu sulas sastāvs un īpašības	67
Zarnu dziedzeru sekrēcijas regulācija	68
Tievo zarnu kustības	69
Gremošanas procesi resnajās zarnās	71
Barības vielu pārmaiņas resnajās zarnās	71
Resno zarnu kustības	72
Izkārnījumu veidošanās	73
Defekācija	74
Gremošanas trakta periodiskā darbība	75
Uzsūkšanās	76
Uzsūkšanās mehānisms	78
Ūdens un minerālsāļu uzsūkšanās	79
Olbaltumvielu uzsūkšanās	80
Ogļhidrātu uzsūkšanās	81
Tauku uzsūkšanās	81
Gremošanas trakta ekskretorā funkcija	82
Gremošanas īpatnības putniem	83
Gremošanas procesi un lauksaimniecības dzīvnieku ēdināšana	85
IV. Asinis (A. Garančs)	87
Asins funkcijas	87
Asins fizikālās un ķīmiskās īpašības	88
Asins sastāvs	88
Asins temperatūra, blīvums un viskozitāte	90
Asins osmotiskais spiediens	91
Asins reakcija	92
Asins daudzums	94
Asins formelementi	95
Eritrocīti	95

Eritrocītu struktūra, forma un daudzums	95
Eritrocītu hemolīze	96
Eritrocītu rezistence	97
Eritrocītu grimšanas ātrums	98
Hemoglobīns	99
Leikocīti	100
Trombocīti	101
Asins sarecēšana	102
Asins formelementu rašanās	104
Asins grupas	106
Asins sastāva regulācija	108
V. Asinsrite (A. Garančs)	110
Asinsrites evolūcija	110
Lielais un mazais asinsrites loks	111
Sirds fizioloģija	112
Sirds darbības fāzes un sirds vārstu darbība	113
Sirds iekšējais spiediens	114
Sirds muskuļu funkcionālās īpašības	115
Sirds uzbudinājuma vadītājsistēma	115
Sirds automātija	116
Uzbudinājuma rašanās un vadīšana sirdī	116
Sirds uzbudināmība	117
Sirds refraktaritāte	117
Ekstrasistole un kompensatoriskā pauze	118
Uzbudinājuma vadīšanas ātrums sirdī	118
Sirds darbības ārējās izpausmes	119
Sirds kontrakciju spēks	119
Sirds grūdiens	119
Sirds toni	119
Sirds darbības frekvence	120
Sirds sistoles un minūtes tilpums	121
Sirds biostrāvas un to reģistrācija	121
Sirds darbības regulācija	122
Sirds darbības neirālā regulācija	122
Sirds darbības humorālā regulācija	123
Asins kustība asinsvados	124
Asinsspiediens	124
Artēriju un vēnu pulss	125
Asins tecēšanas ātrums	126
Asins tecēšana kapilāros un vēnās	127
Asinsrites regulācija	128
Asinsvadu inervācija	128
Asinsspiediena reflektoriskā regulācija	128
Humorālās ietekmes uz asinsvadiem	130
Asinsrite sirds, plaušu, aknu, liesas un smadzeņu asinsvados	131
Koronārā asinsrite	131
Asinsrite plaušās	131

Asinsrite aknās	132
Liesas nozīme asinsritē	132
Asinsrite smadzenēs	132
VI. Limfa un limfas cirkulācija (R. Daugerts)	133
Limfas sastāvs	133
Limfas veidošanās	134
Limfas tecēšana	135
V VII. Elpošana (R. Daugerts)	136
Plaušu elpošana	137
Plaušu uzbūve	137
Elpošanas kustību mehānisms	137
Elpošanas kustību tipi	139
Elpošanas trokšņi	139
Elpošanas frekvence	140
Plaušu vitālā kapacitāte	141
Plaušu ventilācija	141
Gāzu apmaiņa	142
Ieelpojamā, izelpojama un alveolārā gaisa sastāvs	142
Gāzu apmaiņa starp alveolāro gaisu un asinīm	143
Skābekļa saistišana un atdošana	143
Ogļskābes saistišana un pārnešana no audiem uz plaušām	144
Audu elpošana	145
Elpošanas regulācija	146
Elpošanas humorālā regulācija	147
Elpošanas reflektoriskā regulācija	148
Elpošana muskuļu darba laikā	149
Skābekļa trūkuma ietekme uz organismu	150
Elpošanas īpatnības putniem	151
V VIII. Vielu un enerģijas maiņa (R. Daugerts)	152
Olbaltumvielu maiņa	153
✓ Olbaltumvielu fizioloģiskā nozīme	153
Olbaltumvielu sastāvs	153
Olbaltumvielu saturs audos un orgānos	154
Olbaltumvielu specifiskums	154
Intermediārā olbaltumvielu maiņa	155
Nukleoproteīdu maiņa	157
Olbaltumvielu bioloģiskā vērtība	158
Slāpekļa maiņas bilance	159
Olbaltumvielu normas barībā	161
Olbaltumvielu bads	161
Olbaltumvielu maiņas regulācija	162
Ogļhidrātu maiņa	162
Ogļhidrātu fizioloģiskā nozīme	162
Ogļhidrātu saturs organismā	163

Intermediārā ogļhidrātu maiņa	164
Ogļhidrātu maiņas regulācija	166
Lipīdu maiņa	167
Lipīdu klasifikācija	167
Lipīdu saturs organismā	168
Tauku bioloģiskā nozīme	168
Intermediārā tauku maiņa	169
Lipīdu maiņa	173
Lipīdu maiņas regulācija	175
Udens maiņa	175
Udens daudzums organismā	175
Udens fizioloģiskā nozīme	176
Udens maiņas bilance	177
Udens maiņas regulācija	178
Minerālvielu maiņa	179
Minerālvielu fizioloģiskā nozīme	179
Kalcija un fosfora maiņa	181
Nātrija un kālija maiņa	182
Dzelzs maiņa	184
Magnija maiņa	184
Hlora maiņa	185
Sēra maiņa	185
Mikroelementi un to loma vielu maiņā	186
Kobalts	187
Varš	188
Mangāns	189
Cinks	190
Jods, broms un fluors	191
Molibdēns un stroncijs	192
Silīcijs, hroms un niķelis	193
Vitamīni	193
A vitamīns (akseroftols)	194
D vitamīns (kalciferols)	197
E vitamīns (tokoferols)	198
K vitamīns (fillohinons, farnohinons)	200
B ₁ vitamīns (tiamīns)	201
B ₂ vitamīns (riboflavīns, laktoflavīns)	203
B ₆ vitamīns (piridoksīns, adermīns)	204
B ₁₂ vitamīns (antianēmijas vitamīns, ciānkobalamīns)	205
PP vitamīns (nikotīnskābe, niacīns, nikotīnskābes amīds)	205
C vitamīns (askorbīnskābe)	207
P vitamīns (citrīns)	208
H vitamīns (biotīns)	208
Pantotēnskābe	209
Folskābe	210
Paraaminobenzoskābe	210
Inozīts	211
Holīns	212

Enerģijas maiņa	213
Barības vielu enerģētiskā vērtība	213
Elpošanas koeficients	215
Pamatmaiņa	216
Enerģijas patēriņš muskuļu darbā	218
Barības specifiski dinamiskā darbība	218
Vielu maiņa badošanās laikā	219
Aknu fizioloģija	221
Termoregulācija	225
Siltasiņu dzīvnieku ķermeņa temperatūra	226
Ķermeņa temperatūras regulācija	227
IX. Urīna izvadorgānu fizioloģija (R. Daugerts)	230
Organisma izdalītājfunkcija	230
Nieru uzbūve	231
Urīna fizikālās un ķīmiskās īpašības	233
Urīna krāsa	233
Urīna konsistence un blīvums	234
Urīna osmotiskais spiediens un reakcija	234
Urīna ķīmiskais sastāvs	235
Urīna neorganiskie savienojumi	235
Urīna organiskie savienojumi	236
Izdalītā urīna daudzums	238
Nieru funkciju pētīšanas metodes	239
Urīna atdalīšanās	239
Urīna veidošanās mehānisms	239
Urīna veidošanās regulācija	242
Urīna izvadišana	243
Urīna atdalīšanās īpatnības putniem	245
X. Ādas fizioloģija (R. Daugerts)	246
Ādas fizioloģiskā nozīme	246
Ādas uzbūve	247
Ādas temperatūra un pH	248
Ādas sekretorā funkcija	249
Sviedru atdalīšanās	249
Ādas tauku sekrēcija	250
Ādas aizsargfunkcija	251
Saules staru iedarbība uz ādu	252
Dzīvnieku matu sega	253
Ādas, matu un spalvu pigmentācija	254
XI. Vairošanās fizioloģija (R. Daugerts)	255
Dzimumgatavība	255
Vīrišķo dzimumorgānu fizioloģija	256
Spermatogēnēze	256
Akcesorisko jeb papildu dzimumdziedzeru funkcijas	258
Ejakulāts	259

Sievišķo dzimumorgānu fizioloģija	260
Dzimumcikls	260
Ovoģenēze	261
Ovulācija un olšūnas pārvietošanās	263
Dzimumrefleksi	264
Apsēklošana	265
Apaugļošanās process	267
Grūsnība	268
Augļa attīstība un tā barošana	268
Pārmaiņas mātes organismā grūsnības laikā	270
Grūsnības ilgums	271
Dzemdības	272
Putnu vairošanās	273
XII. Laktācija (R. Daugerts)	276
Piena dziedzeru uzbūve	276
Piena dziedzeru augšana un attīstība	277
Piena ķīmiskais sastāvs un fizikālās īpašības	279
Piena sekrēcija	282
Piena izvadišana	285
XIII. Iekšējās sekrēcijas dziedzeru funkcijas (R. Daugerts)	287
Vairogdziedzeris	288
Vairogdziedzera uzbūve	288
Vairogdziedzera hormoni	289
Vairogdziedzera fizioloģiskā nozīme	289
Epitēlijķermenīši	291
Epitēlijķermenīšu izoperēšanas sekas	292
Epitēlijķermenīšu hormons un tā darbības mehānisms	293
Virsnieres	294
Virsnieru sirdes funkcijas	295
Virsnieru garozas funkcijas	296
Virsnieru funkciju regulācija	298
Aizkuņģa dziedzeris iekšējā sekrēcija	299
Aizkuņģa dziedzeris iekšējās sekrēcijas fizioloģiskā nozīme	299
Aizkuņģa dziedzeris hormoni	300
Hipofīze	301
Hipofīzes fizioloģiskā nozīme	302
Hipofīzes priekšējās daivas hormoni	303
Hipofīzes starpdaivas hormons	304
Hipofīzes pakalējās daivas hormoni	305
Hipofīzes funkciju regulācija	305
Dzimumdziedzeru iekšējā sekrēcija	306
Dzimumdziedzeru iekšējās sekrēcijas fizioloģiskā nozīme	306
Vīrišķie dzimumhormoni	308
Sievišķie dzimumhormoni	308

Placentas hormonālā funkcija	309
Epifize	310
Aizkrūts jeb tīmusa dziedzeris	310

✓ **XIV. Muskuļu fizioloģija (Dz. Zariņa) 312**

Muskuļu ķīmiskais sastāvs	313
Muskuļu fizioloģiskās īpašības	314
Muskuļu uzbudināmība un uzbudinājuma vadišana	314
Muskuļu elastība un kontrakciju tonis	316
Muskuļu kontrakciju veidi	316
Muskuļu atsevišķā kontrakcija	317
Muskuļu tetāniskā kontrakcija	317
Muskuļu izometriskā un izotoniskā kontrakcija	319
Muskuļu darbs	319
Muskuļa spēks	320
Muskuļu kontrakciju lielums (stiprums) un derīgais (dinamiskais) darbs	320
Muskuļa nogurums	321
Ķīmiskie un enerģētiskie procesi muskuļos kontrakciju laikā	322
Kustību fizioloģija	323
Kustību veidi	323
Toniskie refleksi	324
Kustību koordinācija	325
Treniņa fizioloģiskie pamati	326

✓ **XV. Nervu sistēmas fizioloģija (R. Daugerts) 328**

Nervu šķiedras fizioloģija	328
Nervu šķiedru funkcijas	329
Uzbudinājuma vadišana nervu šķiedrās	329
Nervu šķiedru uzbudināmība, labilitāte un nenogurdināmība	330
Parabioze	330
Līdzstrāvas iedarbība uz audiem	331
Uzbudinājuma pārvade no nervu šķiedru galiem uz orgānu	332
Centrālās nervu sistēmas fizioloģija	333
Nervu centri un to īpašības	333
Kavējuma procesi centrālajā nervu sistēmā	336
Muguras smadzenes	337
Galvas smadzenes	338
Iegarenās smadzenes	339
Vidussmadzenes	339
Smadzenītes	340
Stārpsmadzenes	340
Zemgarozas kodoli	340
Veģetatīvā nervu sistēma	341
Nervu sistēmas trofiskā funkcija	344
Cerebrospinālais šķidrums	345

Augstākā nervu darbība	345
Funkciju lokalizācija galvas smadzeņu garozā	346
Nosacījuma refleksi	347
Kavējuma procesi galvas smadzeņu garozā	348
Uzbudinājuma un kavējuma procesu iradiācija, koncentrācija un indukcija galvas smadzeņu garozā	348
Galvas smadzeņu garozas analizējošā un sintezējošā darbība	349
Miegš un hipnoze	350
Augstākās nervu darbības tipi	351
Augstākās nervu darbības traucējumi	352

✓ **XVI. Analizatoru (maņu orgānu) fizioloģija (R. Daugerts) M** 353

Analizatoru vispārējās īpašības	353
Redzes analizators	355
Acs optiskā sistēma	356
Tīklenes fizioloģija	358
Dzirdes analizators	359
Garšas analizators	361
Ožas analizators	362
Ādas jušanas analizators	363
Ķermeņa līdzsvara analizators	365
Literatūra	366

DEPARTMENT OF AGRICULTURE
BUREAU OF PLANT INDUSTRY

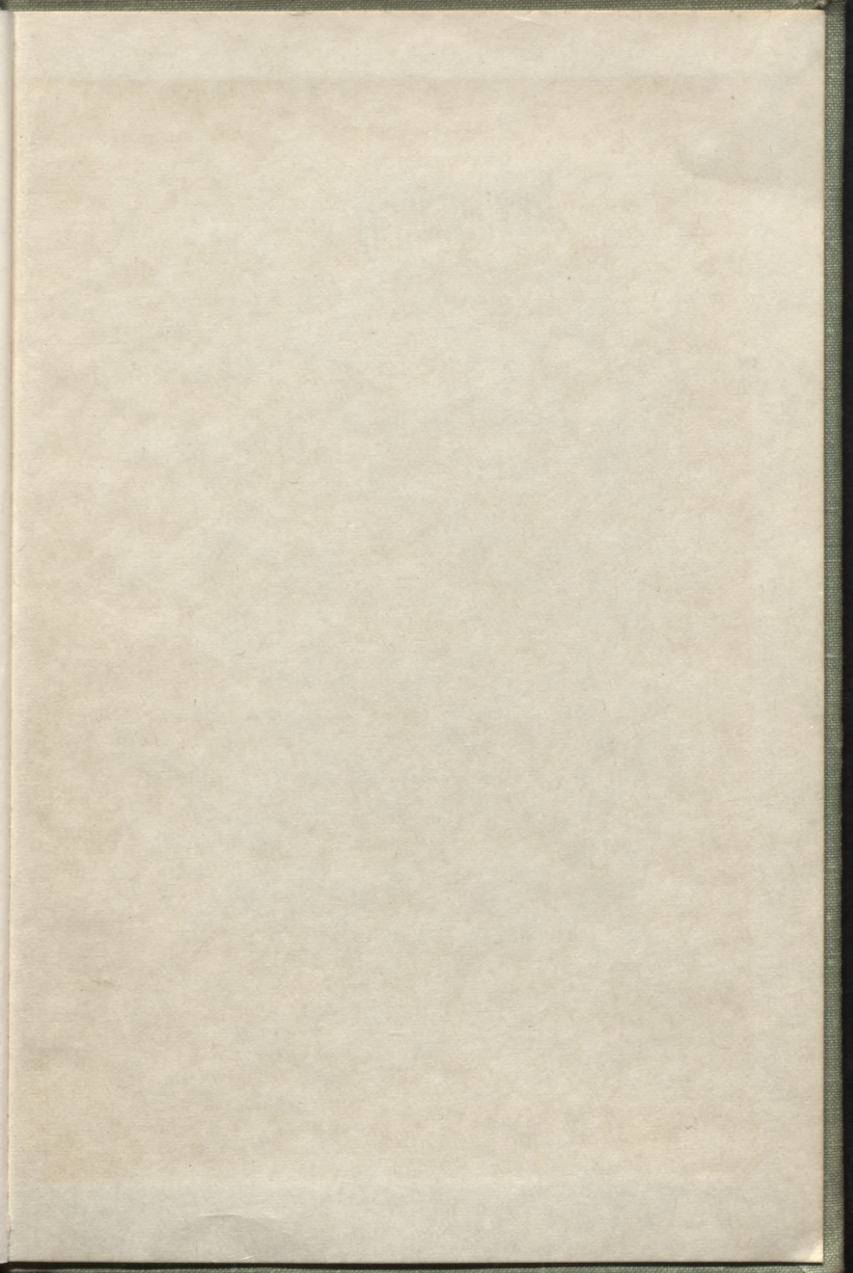
PLANT INDUSTRY
BUREAU OF PLANT INDUSTRY
DEPARTMENT OF AGRICULTURE
WASHINGTON, D. C.

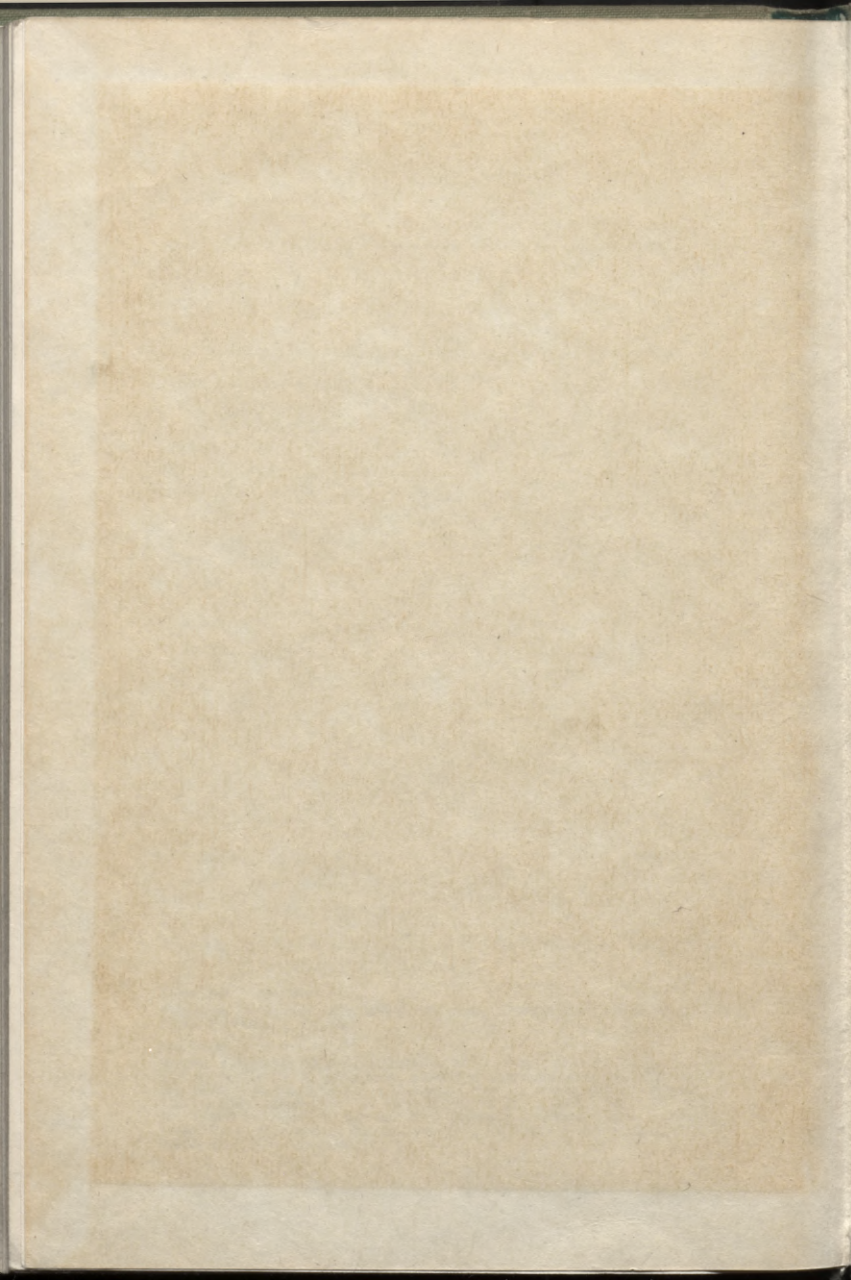
Augstākā nervu daļiņa	200
Punkcijas izstrādājuma galvas smadzeņu garozā	200
Neosajūtu rādītāji	200
Kārtējais pētījums galvas smadzeņu garozā	200
Uzbudāmā un ierobežotā garozas funkcijas izpētīšana un izdošana galvas smadzeņu garozā	200
Galvas smadzeņu garozas struktūras un tās funkcijas pētījums	200
Nervu un šķiedras	200
Augstākā nervu daļiņa	200
Augstākā nervu daļiņa izpētīšana	200
XVI. Analizatoru (nagu orgānu) fizioloģija (A. V. V. g. g. g.)	200
Analizatoru vispārējais pētījums	200
Redzes analizators	200
Acs optiskā sistēma	200
Tīklenes fizioloģija	200
Beirdes analizators	200
Garda analizators	200
Ožas analizators	200
Adas jutības analizators	200
Kameras dzirdes analizators	200
Literatūra	200

Daugerts Raimonds, Garančs Artūrs, Zariņa Dzidra
DZIVNIEKU FIZIOLOĢIJA

Vāku zīm. *I. Skrivele*
Redaktore *Sk. Kondratoviča*. Māksl. redaktore *A. Meiere*. Tehn. redaktore *K. Kazanenko*. Korektore *I. Tarvida*

HB № 658
Nodota salikšanai 10.08.77. Parakstīta iespiešanai 1.02.78. Formāts 60×90/16. Tipogr. papīra Nr. 1. Literatūras garnitūra. Augstspiedums, 23,5 fiz. iespiedl.; 23,5 uzsk. iespiedl.; 25,78 izdevn. l. Metiens 3000 eks. Pasūt. Nr. 341. Maksā 1 rbl. Izdevniecība «Zvaigzne» — PDP 226261 Rīgā, Gorkija ielā 105. Izdevn. Nr. 4292-D-33. Iespiesta Latvijas PSR Ministru Padomes Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Rīgas Paraugtipogrāfijā 226004 Rīgā, Vienības gatvē 11.





LATVIJAS NACIONĀLĀ BIBLIOTĒKA



0308127829

Kontroll-exemplär.