

**Univerza v Mariboru  
Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede**

**Robert Frangež  
Nina Čebulj Kadunc**

• **FIZIOLOGIJA Z ANATOMIJO DOMAČIH ŽIVALI**

**Študijsko gradivo za študente program kmetijstvo (UN)**

**1. izdaja**

**LJUBLJANA, 2013**

# Kazalo

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| • 1 Splošna fiziologija                                   | 1   |
| • 2 Uravnavanje delovanja živalskega organizma-regulacija | 12  |
| • 3 Fiziologija prebave                                   | 28  |
| • 4 Fiziologija presnovnih procesov                       | 49  |
| • 5 Fiziologija krvi                                      | 57  |
| • 6 Fiziologija obtočil                                   | 67  |
| • 7 Fiziologija dihanja                                   | 76  |
| • 8 Fiziologija izločanja                                 | 85  |
| • 9 Fiziologija gibanja in termoregulacije                | 91  |
| • 10 Fiziologija reprodukcijskih procesov                 | 101 |
| • 11 Fiziologija proizvodnih procesov                     | 118 |
| • 12 Literatura                                           | 130 |

# FIZIOLOGIJA Z ANATOMIJO DOMAČIH ŽIVALI

1

## 1 Splošna fiziologija

2

### 1.1 FIZIOLOGIJA-opredelitev:

- znanost (veda), ki proučuje (razlaga) procese v živih organizmih;
- mehanske, fizične in biokemijske lastnosti živih bitij.
- **ravni proučevanja:**
  - molekulska
  - subcelična
  - celična,
  - tkivna,
  - organska,
  - organizem kot celota.

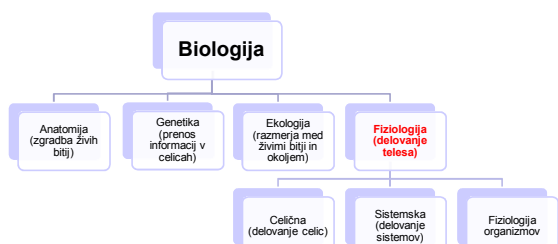
3

### Razdelitev fiziologije:

- glede na proučevani organizem/objekt:
  - fiziologija mikroorganizmov;
  - fiziologija rastlin;
  - **fiziologija živali** (vretenčarjev, nevretenčarjev);
- glede na način prikazovanja procesov:
  - **splošna fiziologija** (dogajanja v telesu);
  - **specialna** (posebna) fiziologija (respiratorna, cirkulacije, prebave, ipd.);
  - **komparativna fiziologija** (primerjava različnih spp.);

4

### Umestitev fiziologije v biologijo



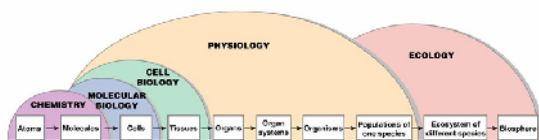
5

### Odvisnost med zgradbo in funkcijo organov

- delovanje tkiv ali organov - tesno povezano z njihovo strukturo,
- fiziologijo kateregakoli živega organizma nemogoče študirati brez poznavanja in upoštevanja njegove anatomske zgradbe.
- **anatomija** je veda, ki proučuje zgradbo telesa in njegovih delov
- skupno prikazovanje anatomske zgradbe in fizioloških procesov omogoča:
  - razumevanje enovitosti zgradbe in
  - delovanja organov in organizma ko celote.

6

## Ravni organizacije živalskega organizma:



7

## Metode dela v fiziologiji:

- delo na izoliranih organih
- delo na poskusnih živalih:
  - načrtovano in
  - opravljano po etičnih in zakonskih določbah;
- proučevanje kliničnih primerov:
  - na osnovi poteka bolezni in uspeha zdravljenja lahko sklepamo na fiziološke procese v telesu;
- proučevanje biokemičnih parametrov v različnih fizioloških stanjih:
  - preiskave krvi oziroma plazme, seruma ali drugih telesnih tekočin.

8

## 1.2 KEMIČNA SESTAVA ŽIVALSKEGA TELESA

9

### 1.2.1. Vloga kemičnih elementov v telesu

- če želimo razumeti kompleksno delovanje živalskega organizma, moramo poznati osnovne kemijske principe, ki določajo kemijske reakcije v živem organizmu;
- danes - znanih 112 kemijskih elementov:
  - v atmosferi, litosferi in hidrosferi - 92,
  - ostali - umetno ustvarjeni;
- živalsko telo:
  - iz 26 naravnih elementov;
  - njihovo medsebojno razmerje - drugačno kot v naravi.

10

| Element                              | Delež v telesu (%) |                | Element     | Delež v naravi (%) |
|--------------------------------------|--------------------|----------------|-------------|--------------------|
| 1. kisik                             | 65,04              | skupaj<br>96,5 | 1. kisik    | 49,42              |
| 2. ogljik                            | 18,25              |                | 2. silicij  | 25,83              |
| 3. vodik                             | 10,05              |                | 3. aluminij | 7,54               |
| 4. dušik                             | 3,15               |                | 4. železo   | 4,7                |
| 5. kalcij                            | 1,6                | skupaj<br>99,2 | 5. kalcij   | 3,4                |
| 6. fosfor                            | 0,84               |                | 6. natrij   | 2,6                |
| 7. kalij                             | 0,27               |                | 7. kalij    | 2,4                |
| 8. natrij                            | 0,26               |                | 8. magnezij | 1,9                |
| 9. klor                              | 0,25               |                | 9. vodik    | 0,9                |
| 10. žveplo                           | 0,21               |                | 10. titan   | 0,6                |
| 11. magnezij                         | 0,04               |                | klor        | 0,2                |
| J, Fe, F, Br, Se, Si, Mn, Cu, Co, Cr | < 0,02             |                | fosfor      | 0,1                |
|                                      |                    |                | ogljik      | 0,1                |
|                                      |                    |                |             |                    |

11

### Razdelitev kemičnih elementov v telesu:

- **biogeni elementi** - sestavljajo živalsko telo (v obliki spojin!);
  - gradbeni (konstitucijski):
    - gradijo telo,
    - v telesu - v večjih količinah (O, C, H, N, Ca, P, S, ipd.)
  - katalitični:
    - imajo katalitično vlogo (sestavni deli bioloških katalizatorjev - encimov, hormonov, vitaminov);
    - v telesu - v manjših količinah (npr. J, Fe, F, Br, Se, Si, Mn, Cu, Co, Cr)
- **nebiogeni elementi**:
  - so prisotni v živalskem telesu;
  - nimajo posebne vloge.

12

## • Številni nebiogeni elementi:

- prihajajo v organizme živali iz onesnaženega okolja;
- v velikih količinah → zastrupitve (npr. Hg, As, Cs, Mb);
- v majhnih količinah → genetske deformacije (npr. Pb) ali rakava obolenja (npr. Rn, Cs, Sr).

13

## 2 Vloga kemičnih spojin v telesu

- kemični elementi v telesu - najpogostejše v obliki neorganskih ali organskih spojin
- % organskih in anorganskih spojin v telesu:

| Spojina           | Konj | Prašič | Ovca | Kokoš |
|-------------------|------|--------|------|-------|
| voda              | 60   | 58     | 60   | 56    |
| beljakovine       | 17   | 15     | 16   | 21    |
| lipidi            | 16,7 | 23     | 19   | 18,2  |
| soli              | 4,5  | 2,8    | 3,4  | 3,2   |
| ogljikovi hidrati | 1,8  | 1,2    | 1,6  | 1,6   |

14

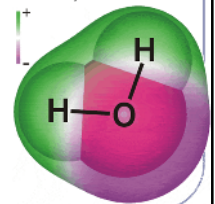
## 2.1 Voda:

- v naravi pribl. 3/4 zemeljske P
- v organizmu kopenskih živali > 50%;
- voda se iz organizma stalno izgublja (urin, znojenje, ipd.);
- → veliko fizioloških procesov in poraba E je usmerjeno k ohranjanju vode v organizmu → ohranjanje kemijske sestave notranjega (vodnega) okolja.

15

## A) Fizikalno-kemične lastnosti vode:

- zaradi specifične kemijske strukture - polarna molekula (dipol):  $2H^+$  in  $O^-$ :
  - univerzalno topilo (večina polarnih molekul, ionov);
  - omogoča elektrolitsko disociacijo;
  - velika toplotna kapaciteta;
  - velika izparilna toplota;
  - velika površinska napetost.



16

## B) Vloga vode v telesu:

**TOPILO** - raztapljanje organskih in anorganskih snovi;

prehod snovi skozi celične in druge membrane;

ustrezno okolje za potek biokemičnih reakcij;

sodeluje v kemičnih procesih (vstopanje in izstopanje iz molekul);

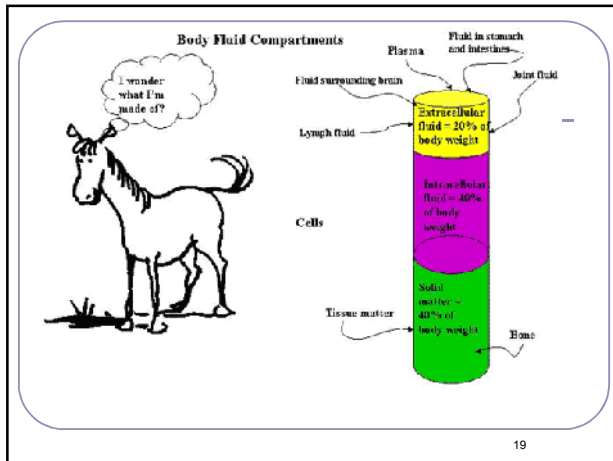
sodeluje pri uravnavanju telesne temperature (termoregulaciji).

17

## C) Telesne tekočine

- vodne raztopine znotraj in okoli celic;
- razporeditev telesnih tekočin:
  - **znotraj celic** = **intracelularna tekočina**: sestavni del celic;
  - **zunaj celic** = **ekstracelularna tekočina**: obdaja celice; razdelitev:
    - **Intersticijska tekočina** - napolnjuje prostore med celicami (v organih);
    - **krvna plazma** - zunajcelična tekočina v krvi (v njej suspendirane krvne celice)

18



## 2.2 Vloge beljakovin v telesu:

- **gradbena (strukturna)** → keratin, kolagen, elastin → vezno tkivo (osnova kosti, hrustancev, dlake, kopit, ipd.);
- **katalitična** → encimi (npr. tripsin, ribonukleaza, ipd.);
- **prenosna (transportna):**
  - hemoglobin -  $O_2$  in  $CO_2$ , mioglobin;
  - beljakovine krvne plazme - transport v vodi netopnih snovi (hranilne snovi, presnovki, vitamini, hormoni, zdravila, ipd.)
- **puferska:** s prostimi amino- in karboksilnimi skupinami vežejo kisline ali alkalije;
- **koloidno-osmotska** → zmožnost beljakovin, da kemično vežejo vodo;
- **obrambna** → imunoglobulini (humoralna imunost),
- **gibanje** → krčenje mišic (miofilamenti - aktin, miozin) ...

## 2.3 Vloge maščob v telesu

- **energetska vloga:**
  - shranjevanje energetskih zalog v maščobnem tkivu (trigliceridi);
  - maščobno tkivo - variabilno: spreminja svojo maso glede na razmerje med sprejeto in oddano energijo.
- **gradbena (strukturna) vloga:**
  - sestavina organov - celičnih membran, ovojnic (fosfolipidi, glikolipidi, holesterol);
  - delež lipidov konstanten (nespremenjen tudi ob daljšem pomanjkanju energetskih snovi);
- **mehanična zaščita notranjih organov:**
  - ledvic, srca, prebavil in očesnega zrkla;
- **toplotna izolacija:**
  - pribl. 4-x slabši prevodnik toplote kot voda.

## 2.4 Vloge OH v telesu:

- **energetska vloga:**
  - glukoza: osnovni vir E pri aerobnih in anaerobnih procesih;
  - glikogen: skladiščenje v jetrih in mišicah, deloma tudi v drugih tkivih (E zaloga OH razmeroma majhna!);
  - laktoza: sestavni del mleka (E za mladiča).
- **gradbena vloga:**
  - glikoproteini in proteoglikani - spojine beljakovin in OH (sestavni del celičnih membran in sluzi);
  - mukopolisaharidi
- **genetska vloga:**
  - pentoze - sestavni del nukleinskih kislin.

## 2.5 Vloga soli v telesu

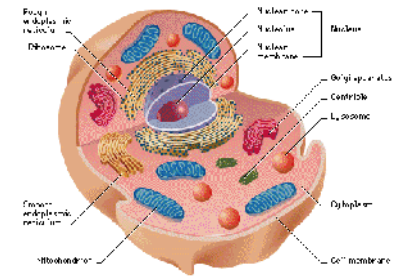
- **delež v telesu** majhen (3 - 4,5%);
- **vloge v telesu:**
  - **gradbena vloga** - kristali soli Ca in P tvorijo trdna tkiva - kosti, zobe)
  - **katalitična vloga** - disociirani delci (kationi ali anioni) sestavni del encimov, hormonov in vitaminov;
- **glavni ioni v telesu:**
  - kationi:  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $H^+$ ,  $Mg^{2+}$ ;
  - anioni:  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$

## 3 HISTOLOŠKA IN ANATOMSKA ZGRADBA ŽIVALSKEGA TELESA

- **Celica** - najmanjša organizirana enota žive snovi, ki je sposobna obstajati neodvisno v primernem neživem okolju ter nadomestiti svojo lastno snov s sintetiziranjem hranilnih snovi, ki jih prevzame iz okolice.
- **evkariontske**: živalske in rastlinske celice
- **prokariontske** - evlucijsko starejši tip celice, značilen npr. za bakterije.
- Za opravljanje številnih nalog v večceličnem organizmu celice:
  - specializirane,
  - se funkcionalno dopolnjujejo,
  - oblikujejo biološke sisteme in mehanizme, ki lahko delujejo z različnimi stopnjami samostojnosti.

25

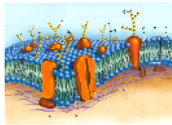
## Prikaz temeljnih sestavin evkariontske živalske celice



26

## 3.2 Prehod snovi skozi celično membrano

- **Plazemska membrana (plazmalema)**:
  - omejuje celico proti zunanosti;
  - trilamelarne zgradbe (lipidni dvosloj);
  - debela 6 do 10 nm.
- skoznjo celica komunicira:
  - z okolico in
  - z drugimi celicami;
- to ji omogočajo **integralni proteini**:
  - tvorijo kanalčke, po katerih v celico prehajajo nekatere molekule ali ioni,
  - imajo tudi vlogo prenašalcev, receptorjev, encimov in
  - določajo antigenske lastnosti celične površine.

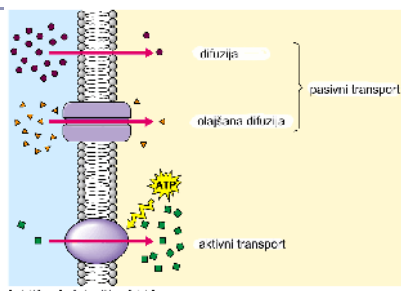


27

- **zaradi svoje molekulske sestave - celična membrana selektivno prepustna**:
  - snovi, ki jih celica potrebuje, lahko vstopajo vanjo,
  - različni ekskreti in odpadne snovi pa izstopajo,
  - nekatere snovi zadržuje znotraj celice,
  - drugim preprečuje vstopanje;
- **proces prehoda molekul ali ionov skozi celično membrano**:
  - pasivni: difuzija, olajšana difuzija in osmoza ali
  - aktivni: nosilci - črpalke.
  - večji delci (npr. različni tujki, bakterije, virusi ipd.) - endocitoza, eksocitoza.

28

## Načini prehoda snovi skozi membrano



29

## A) Enostavna difuzija

Prehajanje molekul topljencev s področij njihove večje na področja manjše koncentracije zaradi kinetične energije molekul;

**Hitrost difuzije odvisna od:**

- molekulske mase (obratno sorazmerna),
- koncentracijske razlike,
- površine in
- konstante prepustnosti membrane.

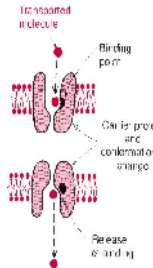
**nepolarne snovi** (npr.  $O_2$ ,  $CO_2$ , steroidi, maščobne kisline): difundirajo zelo hitro (se topijo v nepolarnih področjih membrane);

**polarne snovi**: difundirajo slabše ali pa sploh ne (slabša topnost v membranskih fosfolipidih).

30

## b) Olajšana difuzija

prehod velikih, polarnih molekul skozi celično membrano - beljakovinski nosilci (spreminjajo konformacijo ob vezavi molekul, ki prehajajo skozi membrano); eden najpomembnejših sistemov olajšane difuzije v organizmu - prehod glukoze.



31

## c) Osmoza in osmotski tlak

### • osmoza:

- fizikalni pojav, ki nastane, kadar sta raztopini neke snovi z različnima koncentracijama med seboj ločeni z polprepustno membrano
- izenačenje koncentracij raztopin na obeh straneh membrane se vzpostavi s potovanjem topila v smeri raztopine z večjo koncentracijo;

### • osmotski tlak:

- sila topljenca, ki vpliva na gibanje molekul topila
- sila, ki mora delovati na raztopino z večjo koncentracijo, da prepreči prehajanje vode iz raztopine z manjšo koncentracijo skozi polprepustno membrano.

32

## V živalskem telesu:

- osmoza izredno pomemben način prehajanja vode iz izvenceličnega v celični prostor;
- topilo - voda, topljenec pa anorganske in organske soli oziroma njihovi ioni;
- če je osmotski tlak v celicah:**
  - večji kot v izvenceličnem prostoru: voda iz ožilja, črevesja, podkožja, telesnih votlin → medcelični prostor → celice;
  - manjši kot v izvenceličnem prostoru: celice → medcelični prostor → v ožilje, črevesje, podkožje, telesne votline

33

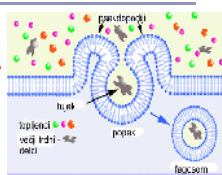
## d) Aktivni transport

- prehajanje topljencev s področij z nižjo na področja z višjo koncentracijo (proti večjemu koncentracijskemu gradientu);
- za proces je potrebna energija (ATP);
- topljenici se vežejo na nosilce v celični membrani (= črpalke);
- prenašanje ionov  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  in  $\text{H}^+$ ;
- Na-K črpalka:**  $\text{Na}^+$  odstranjuje iz celice,  $\text{K}^+$  pa vnaša vanjo (razmerje 3 : 2); vloga v memb. potencialu celic, volumnu celic, ipd.

34

## 3.3 Endocitoza in eksocitoza

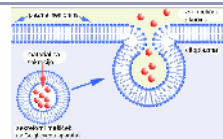
- Endocitoza:** celična membrana se ugrezne v celico, izproži psevdopodije okoli tujka.
- obda in oblikuje tujek → **vakuola**
- Fagocitoza** - celica sprejema trdne materiale, npr. bakterije, viruse in različne tujke.
  - Celice = **fagociti** (npr. oblike belih krvnih celic).
  - Vakuole = fagocitni mehurčki + lizosomi (citoplazemska zrnca) → prebavijo vsebino vakuole → vsebina se izlije v celico.
- Pinocitoza** - sprejemanje tekočega materiala v celico,
  - značilna za levkocite, celice jeter in celice ledvic.



35

### • Eksocitoza:

- proces, ki omogoča odstranjevanje snovi iz celic
- vezana na Golgijev aparat
- značilna za žlezne in živčne celice.
- Vezikel** je z membrano obdana votlina, ki vsebuje material za izločitev iz celice (eksocitozo).



36

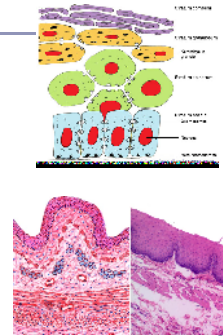
## 3.2 Histološka zgradba telesa

- skupine celic s pogosto enakimi morfološkimi lastnostmi in funkcijami.
- prilagojena za opravljanje različnih nalog → različne vrste, oblike in gostote celic ter količina in vsebnost medceličnine
- večinoma v različnih medsebojnih kombinacijah kot funkcionalne sestavine organov oz. organskih sistemov
- osnovne vrste tkiv:
  - epitelno,
  - vezivno,
  - mišično in
  - živčno.

37

## A) Epiteliji

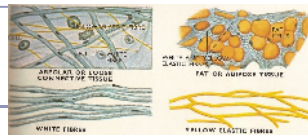
- sestavljeni iz enega ali več plasti celic, tesno ena ob drugi
- vloga pri številnih procesih:
  - zaščita,
  - absorpcija, izmenjava plinov, sekrecija (žleze), ekskrecija, prenos,
  - krčenje, mehanično in kemično zaznavanje



38

## B) Veziva

- Sestava:
  - medceličnina: iz neformiranega (amorfne) in formiranega (vlaknatega) dela;
  - matične celice (proizvajajo medceličnino);
- Vloga veziv:
  - izpolnjuje medepitelne prostore, vezava ostalih tkiv,
  - prenos natezne sile, presnova vode,
  - regeneracija poškodovanih tkiv.
  - osnova za nastajanje nekaterih celic obrambnega sistema, maščobnega tkiva.



39

## C) Mišično tkivo

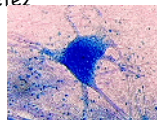
- omogoča gibanje s pretvorbo kemične energije v mehanično delo (gibanje, fizično delo).
- osnovna funkcionalna enota - **mišična celica (mišično vlakno)** - zaradi **miofibril** ima sposobnost krčenja;
- glede na zgradbo in razporeditev miofibril v citoplazmi razlikujemo:
  - gladko mišičnino in
  - prečno progasto mišičnino.



40

## D) Živčno tkivo - živčevje

- Razdelitev:
  - **centralni živčni sistem (CNS):**
    - veliki možgani, mali možgani, horoidni pletež
    - hrbtenjača (*medulla spinalis*).
  - **periferni živčni sistem:**
    - gangliji,
    - živci in živčni končiči.
- Vloga:
  - sprejema, prevaja in modifikira živčne impulze in omogoča njihov prenos na druge živčne ali efektorske celice
- Sestava:
  - živčne celice (nevroni) in
  - živčno oporno tkivo (nevroglija).



41

## 3.3 ANATOMSKA ZGRADBA TELESA

- **Organi:** deli telesa določene oblike in zgradbe, ki jih sestavlja eno ali več različnih tkiv in opravljajo navadno eno glavno funkcijo.
  - imajo specifične funkcije in določeno zgradbo / obliko;
- Organi se združujejo v **organske sisteme**.
  - Kriteriji za njihovo uvrstitev so razvoj, zgradba, funkcija in topografski odnosi med organi.
  - organi, ki sestavljajo organski sistem, med seboj sodelujejo pri opravljanju določene funkcije;
- **organizem** - najvišja oblika organiziranosti v živem svetu

42

Tabela 1.4: Organski sistemi

| SISTEM                | ORGAN                                                                                                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| kožni                 | koža<br>kožne tvorbe (žleze, kopito, rog, parkji)                                                               |
| gibalni (lokomotorni) | mišični sistem<br>mišice, kite                                                                                  |
| črevesni (prebavni)   | skeletni sistem<br>kosti, hrustanci                                                                             |
|                       | prebavna cev<br>ustna votlina, požiralnik, želodec, tanko in debelo črevo, zadnjik                              |
| dihalni               | prebavne žleze<br>slinske žleze, trebušna slinavka, jetra                                                       |
|                       | dihalne poti<br>pljuča                                                                                          |
| sečno-spolni          | sečni organi<br>ledvica, sečna izvodila                                                                         |
|                       | spolni organi<br>moški spolni organi, ženski spolni organi                                                      |
| cirkulacijski         | sistem krvnih obtočil:<br>srce, krvne žile                                                                      |
|                       | sistem limfnih obtočil:<br>bezgavke, mezoepitocice                                                              |
| živčni                | krvotvorni organi:<br>kostni mozeg, limfatični organi                                                           |
|                       | centralni<br>možgani, hrbtenjača                                                                                |
|                       | periferi<br>možganski in hrbtenjačni živci, gangliji                                                            |
| čutil                 | avtonomni<br>parasimpatični, simpatični                                                                         |
|                       | organ za voh, organ za sluh in ravnotežje, organ za vid, baroreceptorji, termoreceptorji, bolečinski receptorji |
| hormonalni            | hormonalne žleze                                                                                                |

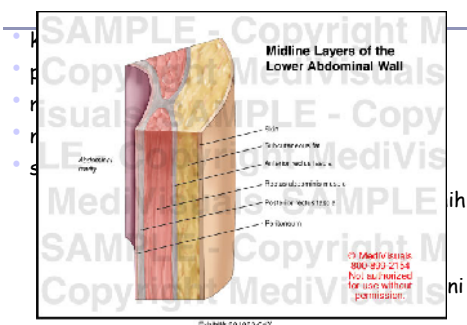
43

## 3.3.1 Telesne votline

- prostori znotraj telesa, ki ščitijo, ločujejo in podpirajo notranje organe;
- med seboj jih ločujejo mišice, kosti in vezi;
- v telesu so tri votline:
  - prsna,
  - trebušna (od prsne jo ločuje prepona - diafragma),
  - medenična;

44

## Stene telesnih votlin sestavljajo:



45

## 4 OKOLJE ORGANIZMOV

46

- Okolje organizmov se deli na:
  - zunanje (kozmično),
  - notranje.
- dejavniki zunanjega okolja neprestano vplivajo na živalski organizem, ta pa reagira nanje kot sistem;
- notranje okolje mora obdržati svojo stalnost;

47

## 4.1 Zunanje (kozmično) okolje

- okolje, ki organizme obdaja in vpliva na njihove gradbene in fiziološke lastnosti,
- pogoji okolja zelo spremenljivi → organizmi imajo razvite mehanizme, ki ublažijo posledice zunanjih sprememb,
- vplivom okolja najbolj izpostavljene divje živali → selektivni pomen okolja;
- manjši vpliv okolja na domače živali (razlike paša/zaprta prostori);
- dejavniki zunanjega okolja:
  - kemični,
  - fizikalni in
  - biološki.

48

- kemična sestava zraka,
- kemična sestava vode,
- kemična sestava zemlje,
- kemična sestava in količina HS,
- kemične snovi, ki onesnažujejo okolje.

49

- temperatura okolice (zraka ali vode),
- tlak okolice (zraka ali vode),
- svetloba (čas in jakost osončenja),
- druga elektromagnetna valovanja,
- zvočni učinki (hrup).

50

## Biološki dejavniki okolja:

- rastline,
- mikroorganizmi:
  - patogeni - makroorganizmu škodljivi,
  - simbiotski - makroorganizmu koristni,
  - komenzalni - nimajo posebnega učinka;
- zajedalci (notranji, zunanji),
- živali druge ali iste vrste:
  - roparji,
  - konkurenti za hrano,
- živali druge ali iste skupnosti (črede, tropa...):
  - dajejo posamezniku zaščito,
  - istočasno - konkurenti za hrano

51

- za normalno delovanje organizma je bistveno, da se okolje, v katerem potekajo biokemijski procesi, ohranja čim bolj nespremenjeno.
- ker so prostori med celicami ločeni od zunanjega okolja, jih imenujemo **notranje okolje** (C. Bernard).
  - v ožjem pomenu - izvencelična tekočina:
    - obliva celice znotraj organizma,
    - njene kemične in fizikalne lastnosti se spreminjajo počasneje kot okolje organizma → stabilne (nespremenjene) razmere v celicah;
  - v širšem pomenu - okoliščine, ki omogočajo obstoj in delovanje organizma:
    - temperatura, tlak tekočin, plinov, pH,
    - koncentracija različnih snovi (soli, hranilnih snovi itd.).

52

- živalske celice lahko delujejo, če se njihovo zunanje in notranje okolje ohranja znotraj nekih sprejemljivih meja:
  - spremembe zunanjega okolja → sprembe sestave / razmer v celicah → motnje v delovanju ali propad celic.
  - zato so se razvili mehanizmi, ki preprečujejo vplive zunanjih sprememb na organizem.
- **Proces, ki omogoča, da se fiziološki procesi in telesna zgradba kljub večjim spremembam v okolici bistveno ne spreminjajo, se imenuje homeostaza (homoios /gr./ podoben).**
  - pri homeostazi sodelujejo vsa tkiva in celice,
  - stalnost notranjega okolja jim povratno omogoča normalno delovanje.
- **Regulacijski procesi, ki vzdržujejo homeostazo:**
  - negativna povratna zveza in
  - pozitivna povratne zveze (angl. feedback).

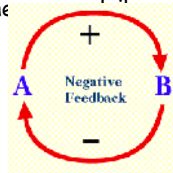
53

- povratna zveza ima tri glavne komponente (elemente):
- **receptor**, ki nadzoruje / zaznava spremembe specifičnega fiziološkega parametra (spremeljivke),
- **kontrolni center**:
  - določa normalno raven spremenljivke 2. A control center that sets the normal range, receives
  - prejema informacije iz receptorjev,
  - posreduje informacije, kadar je potreben odgovor / sprememba;
- **efektor**, ki proizvede odgovor oz. učinek, ki spremeni nadzorovani parameter;

54

### A) Mehanizem negativne povratne zveze:

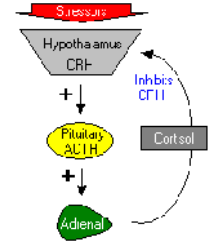
- deluje zaviralno (negativno) na tiste procese, ki v organizmu sprožijo njegov nastanek;
- omogoča, da nek proces ostane mejah;
- deluje na ravni celice in organizma kot celote;
- brez njega organizem ne bi mogel preživeti;



55

- značilni mehanizmi negativne povratne zveze:
  - hormonski sistem,
  - živčni, cirkulacijski in respiratorni sistem;

- Primer mehanizma negativne povratne zveze:

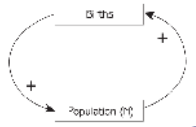


- Za ohranjanje homeostaze najbolj učinkovito kombinirano delovanje živčnega in hormonalnega sistema!**

56

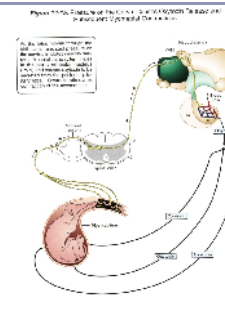
### Mehanizem pozitivne povratne zveze:

- pospešuje tiste procese v organizmu, ki so sprožili njegov nastanek → procesi tečejo vedno bolj intenzivno;
- v organizmu so redki, kratkotrajni, ker povzročajo neravnovesje;
- uveljavil se je pri procesih, kjer se morajo določene razmere zelo hitro spremeniti brez škodljivih posledic za organizem;
- primeri:
  - strjevanje krvi, nastanek živčnega impulza, praznjenje sečnega mehurja, iztrebljanje



57

### Primeri mehanizma pozitivne povratne zveze (porod):



58

- Mehanizem pozitivne povratne zveze - pogost pri patoloških procesih,*
- če se ne ustavi pravočasno → začarani krog (circulus vitiosus) → propad organizma!*

59

## 4.4 BIOLOŠKI RITMI

- kljub homeostatskim mehanizmom - pri večini živali ritmična nihanja (spremembe) fizioloških procesov;
- nastanek** - posledica filogenetskega razvoja pod vplivom ritmičnih sprememb v neživi naravi (kozmični vplivi):
  - menjavanje dneva in noči,
  - spreminjanje dolžine dneva in noči - letni časi (posledica kroženja Zemlje okoli Sonca),
  - spremembe Sončeve aktivnosti ipd.
- vloga** - prilagajanje organizmov na spremembe v okolju → omogočena največja aktivnost v najugodnejšem času (dneva, leta) → prednost v boju za obstanek.

60

## Izvor bioloških ritmov:

- **zunanj (eksogeni):**
  - zunanji dražljaji (sprememba dolžine dneva, intenzivnost osvetlitve, barve, temperatura, ipd.);
  - delovanjem na čutila → področja v osrednjem živčevju → biološki ritmi;
  - Če zunanji dejavnik izostane, biološki ritem izgine!
- **notranji (endogeni):**
  - posledica aktivnosti centra za bioritmiko (ritmovniki - "biološke ure" v CNS);
  - zunanji dejavniki so le modulatorji procesov (posrednik - epifiza, hormon melatonin);
  - Če zunanji dejavnik izostane, biološki ritem še vedno teče!

61

## Glede na trajanje periode ločimo:

- **infrakratka ritmična nihanja (0,01 do 0,1 s):**
  - akcijski potenciali in
  - druge bioelektrične aktivnosti),
- **kratka ritmična nihanja (0,5 do 3 s):**
  - krčenje srca,
  - dihanje,
  - gibanje gladkih mišic prebavnega in uro-genitalnega trakta itd.),
- **srednje dolga ritmična nihanja (nekaj ur, dan ali nekaj dni, več tednov):**
  - dnevna, tedenska in mesečna bioritmika
- **dolga ritmična nihanja (nekaj mesecev do enega leta)**
  - cirkualna ali letna bioritmika.

62

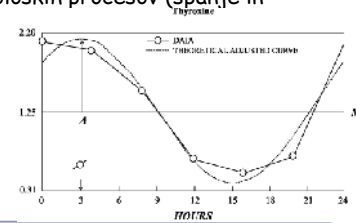
## A) Cirkadiana bioritmika

- trajanje periode približno 24 ur (circa (približno): dies (dan));
- dnevna (diurnalna) in nočna (nokturnalna) faza;
  - pri živalih, ki so aktivne podnevi - večina fizioloških procesov:
    - najbolj intenzivna v diurnalni fazi in
    - najmanj intenzivna v nokturnalni;
  - obratno - pri živalih, ki so aktivne ponoči;
- **Urnjevanje - center v hipotalamusu:**
  - endogena bioritmika sinhronizirana s spremembami v okolju - posredovanje epifiznega hormona melatonina.

63

## primeri cirkadiane bioritmike - spremembe v:

- kemični sestavi krvi,
- številu krvnih celic,
- intenzivnosti presnove,
- izločanje nekaterih hormonov,
- aktivnosti fizioloških procesov (spanje in budnost);



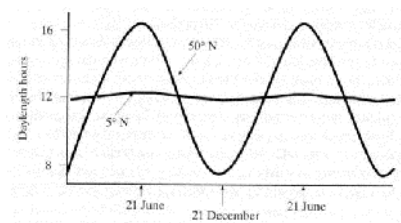
64

## B) Cirkualna ritmika

- trajanje periode približno eno leto (circa (približno): anum (leto));
- faze - letni časi;
- primeri:
  - pojatveni ciklusi pri monoestričnih živalih,
  - migracije ptic selivk in drugih živalskih vrst,
  - sezonska menjava dlake in perja,
  - zimsko spanje ...
- delovanje - kombinacija endogenega in eksogenega bioritma:
  - zunanji faktorji modificirajo delovanje notranjih (vloga epifize - melatonina)

65

## Cirkualni ritem:



66

## 5 RAST IN RAZVOJ

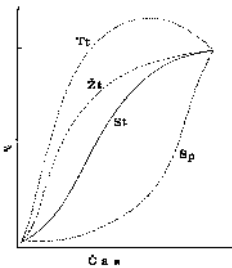
67

### RAST IN RAZVOJ

- **rast organizmov:**
  - posledica prevlade anaboličnih procesov nad kataboličnimi (povečevanje mase);
  - poteka med embrionalnim in postembrionalnim obdobjem;
  - intenzivnost se s starostjo zmanjšuje,
  - doseže ničelno vrednost, ko žival odraste.
- **oblike rasti notranjih organov:**
  - razvoj oblike in delovanje - različno hitro → pravočasno vključevanje v homeostatske in regulacijske mehanizme telesa;

68

#### Oblike rasti notranjih organov:



- **splošni tip (St):**
  - večina organov in tkiv, celoten organizem (sigmoidna krivulja);
- **limfoidni tip (Tt) - timus:**
  - zelo intenzivno v začetnem obdobju,
  - vrh v puberteti, sledi delna regresija;
- **spolni tip (Sp) - spolni organi:**
  - v začetku zelo počasi,
  - nagla rast v puberteti;
- **živčni (nevralni) tip (Zt) - živčno tkivo:**
  - intenzivno v začetnem obdobju (NS mora naglo razviti svoje funkcionalne sposobnosti).

69

### Dejavniki urejanja rasti

- **genetski dejavniki:**
  - najpomembnejši osnovni faktorji,
  - določijo meje in intenzivnost rasti
  - rast in razvoj značilna za določeno vrsto, pasmo, linijo, posameznika
- **hormonski dejavniki:**
  - rastni hormon,
  - ščitnični hormoni,
  - obščitnični hormon,
  - spolni hormoni.
- **prehrambeni dejavniki:**
  - energetske snovi,
  - gradbene snovi,
  - katalitične snovi.

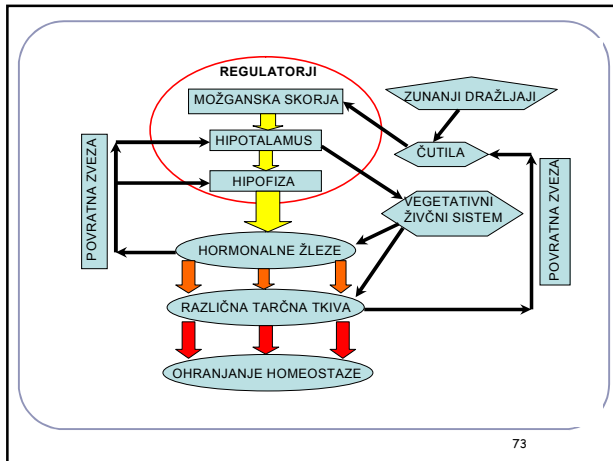
70

## 2 URAVNAVANJE DELOVANJA ŽIVALSKEGA ORGANIZMA-REGULACIJA

71

- komunikacije med celicam → normalno delovanje celic in ohranjanje homeostaze;
- usklajeno delovanja organskih sistemov omogočata živčni in hormonalni sistem
- **živčni sistem** - deluje hitro:
  - preko čutil spremlja spremembe v notranjem in zunanjem okolju
  - o tem obvešča različne organe → reakcija na spremembe
- **hormonalni sistem** - deluje razmeroma počasi.
- **sodelovanje obeh sistemov omogoča organizmu, da se prilagaja na spremembe okolja, v katerem mora preživeti.**

72



73

## 2.1 FIZIOLOGIJA ŽIVČNEGA SISTEMA

- **Živčni sistem (NS):**
  - najbolj kompleksen sistem živalskega telesa,
  - omogoča komunikacijo med različnimi deli telesa, bistveno za preživetje živali.
- **Živčno tkivo specializirano za:**
  - zaznavanje mehaničnih in kemičnih dražljajev,
  - njihovo pretvorbo v živčno vzbujenje ter
  - prevajanje živčnega vzbujenja na drugo **živčno** ali **efektorsko** celico (mišična celica, žlezna celica).
- delitev živčnega sistema glede na delovanje:
  - **osrednji (centralni; CNS)** in
  - **zunanj (periferni) del.**
  - delovanje obeh - povezano in usklajeno;

74

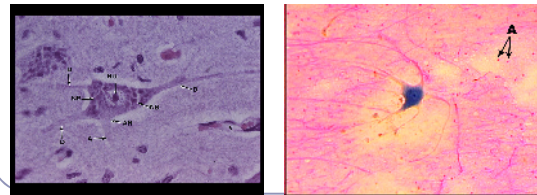
### Razdelitev NS glede na vloge:

- **Senzorični del (vstopni ali aferentni sistem),**
  - sprejema informacije o stanju v okolici ali v notranjosti telesa,
  - čutila → živci → prevodne poti → hrbtenjača → možgani.
- **Analizatorski (asociacijski) del:**
  - analiziranje in obdelava podatkov, ki mu sledi:
- **Motorični del (izstopni ali eferentni sistem):**
  - **somatski del** (→ krčenje skeletnih mišic → gibanje telesa)
  - **vegetativni del** (→ krčenje gladkih mišic → izločanje žlez).

75

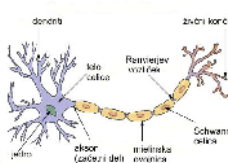
### 2.1.1 Celice živčnega sistema

- Živčni sistem sestavljata 2 tipa celic:
  - vzdražljive živčne celice (nevroni) in
  - podporne glia celice (nevroglia).



76

### A) Živčne celice (nevroni)



- osnovna morfološka in funkcionalna enota živčnega sistema, specializirana za sprejemanje, prevajanje in oddajanje živčnih spodbud (impulzov).
- značilna razvejana oblika.

- Glavni deli nevrona:
- telo - tipična celična struktura,
- celični podaljški:
- dendriti - sprejemanje dražljajev → proti telesu.
- akson (nevrit) - prenos informacij do ciljnih celic.

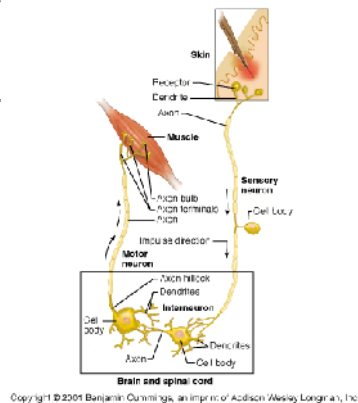
77

### Razdelitev nevronov glede na funkcijo:

- **senzorični (aferentni):** dražljaje iz receptorjev → CNS;
- **motorični (eferentni):** dražljaje iz CNS → periferni organi:
  - **somatski** - do skeletnih mišic,
  - **visceralni** - do mišic v notranjosti telesa (niso pod vplivom volje)
- **internevroni** (vmesni nevroni), - med senzoričnimi in motoričnimi nevroni v CNS
- **Živec (živčno vlakno)** = snop aksonov, ki prenašajo informacije med receptorji in CNS oz. CNS in ciljnim celicami.

78

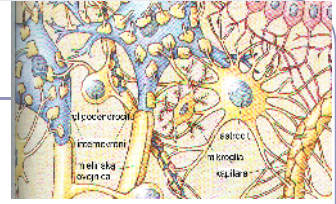
## Interneuron



Copyright © 2005 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

79

## B) Podporne (glia) celice



- celice, ki obdajajo in podpirajo nevrone
- oskrba s hranilnimi snovmi,
- zaščita pred nevarnimi snovmi
- odstranjujejo poškodovane celice in tuje delce;
- ne sodelujejo pri prenosu dražljajev,
- v možganih - 50% skupne mase,

80

## 2.1.2 Prevajanje dražljajev po živcih

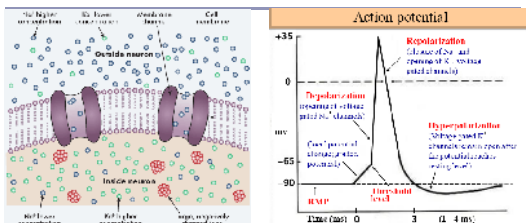
- živčne (in mišične) celice so električno vzdražljive → proizvajajo in prenašajo električne impulze.
- impulzi - posledica dogajanj v celični membrani in prehoda nekaterih ionov skozi njo.

81

## A) Membranski potencial v mirovanju:

- razlika med nabojema v notranjosti in na površini membrane aksona:
  - zunaj celice → pozitiven naboj ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ),
  - znotraj celice → negativen naboj ( $\text{K}^+$ );
- izenačenje koncentracij preprečuje membrana → na notranji strani velik negativen naboj (cca. -70 mV) = **polarizacija membrane**
- sprememba prepustnosti membrane za ione → nenadno premikanje ionov skozi membrano (večja kot je razlika v naboju, bolj intenzivno bo premikanje) → **akcijski potencial**.

82



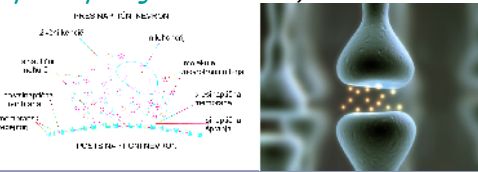
83

## B) Akcijski potencial

- če na nevron deluje zadosti močen dražljaj →  $\text{Na}^+$  vdrejo v notranjost aksona = **depolarizacija** (povečanje (+) naboja v aksonu)
- $\text{K}^+$  zapuščajo celico → vzpostavi se izhodiščna napetost = **repolarizacija**.
- proces = **akcijski potencial** - kot verižna reakcija se prehaja vzdolž aksona.
- nastanek:
  - električni, kemični in fizikalni (mehanski, svetlobni, toplotni) dražljaji → zadosti močni = **prag**
- hitrost: 0,1 do 100 m/s
- vplivi - temperatura (povečanje ga pospeši), premer aksona (večji kot je, večja je hitrost) in mielinska ovojnica okoli aksonov

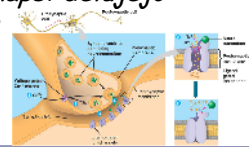
### C) Komunikacije med celicami živčnega sistema

- področje, kjer se nevron stika s ciljno celico (živčno ali tkivno) = **sinapsa**
- na sinapsi se akcijski potencial z aksona prve živčne celice (t. i. **presinaptičnega nevrona**) prenese skozi sinaptični prostor (t. i. **sinaptično špranjo**) do dendritov ali telesa drugega nevrona/celice (t. i. **postsinaptičnega nevrona/celice**).



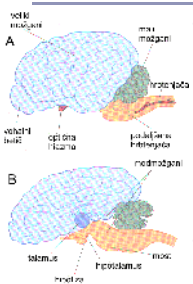
85

- na **živčnih končičih** presinaptičnega nevrona - izločanje **nevrottransmiterjev** (kemičnih snovi, npr. acetilholin) v sinaptično špranjo;
- vezava nevrottransmiterjev na **receptorje** v postsinaptični celici - spodbudi (ali zavre) delovanje postsinaptične celice
- na **živčno-mišični sinapsi delujejo nekatera zdravila in**
- **strupi:**



86

### 2.1.3 Centralni živčni sistem (CNS)



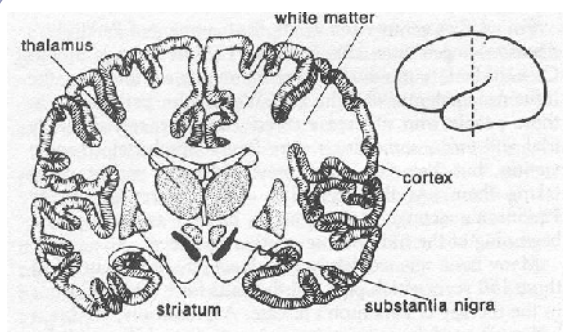
- vodi in ureja delovanje NS in posledično celotnega organizma; razdelitev:
  - hrbtenjača,
  - možgani:
    - veliki možgani (*cerebrum*),
    - mali možgani (*cerebellum*),
- možgansko deblo (**vmesni (med) možgani (diencephalon)**, srednji možgani (**mezenkephalon**), in most (pons)),

87

### Celična sestava CNS:

- **siva možganska masa (sivina):**
  - telesa živčnih celic,
  - celice nevroglije in
  - nemielizirana živčna vlakna,
- **bela možganska masa (belina):**
  - snopi mieliziranih in nemieliziranih živčnih vlaken,
  - celice nevroglije.

88



89

### A) Hrbtenjača (*medulla spinalis*) in podaljšana hrbtenjača (*medulla oblongata*)

- najbolj periferni del osrednjega živčevja,
- v hrbteničnem kanalu vretenc,



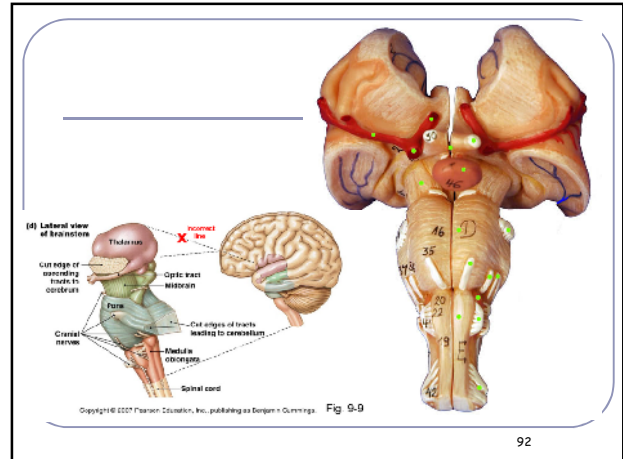
- glavna pot, po kateri potekajo informacije med možgani in kožo, sklepi, mišicami
- **centri za spinalne reflekse** in **vegetativni centri** (za dihanje in gibanje žil (vazomotoriko), praznjenje debelega črevesja, uriniranje, urejanje spolnih funkcij);

90

## B) Možgansko deblo

- **Most (pons):**
  - prevaja informacije od možganske skorje do malih možganov.
- **Srednji možgani (mesencephalon):**
  - sprejemajo dražljaje iz mišič in čutila za ravnotežje, uravnavajo gibanje oči in lego telesa, sodelujejo pri gibanju.
- **Medmožgani ali vmesni možgani (diencephalon):**
  - *talamus*
  - *hipotalamus:*
- **Mreževina (formatio reticularis):**
  - sprejema in zbira signale iz vseh delov osrednjega živčevja in jih posreduje v višja področja CNS;
- **Možganski živci:**
  - 12 parov (motorična, senzibilna in vegetativna vlakna)

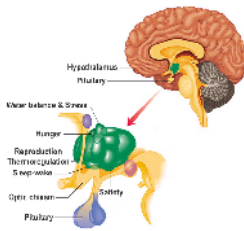
91



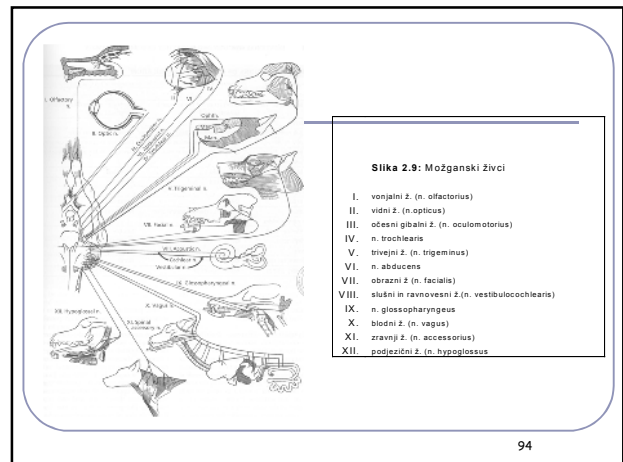
92

### • Hipotalamus ureja :

- delovanja vegetativnega živčnega sistema,
- hormonalnega sistema, reprodukcijskih procesov,
- vzdrževanje telesne T°,
- osmolarnost telesnih tekočin (centri za žejo, pitje, izločanje vazopresina) in hranjenja (center za jemanje hrane in sitost),
- obnašanje in emocionalna stanja,
- vplivi na kardiovaskularni center v podaljšan hrbtenjači



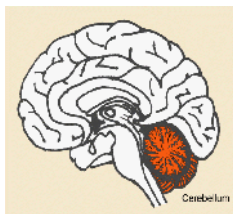
93



94

## C) Mali možgani (cerebellum)

- pomembni za izvajanje in koordinacijo gibov,
- ob odstranitvi ali poškodbah → hude motnje v ravnotežju in mišični napetosti (opistotonus).
- vpliv na aktivnost VNS → tonus gladkih mišic v ožilju in prebavilih.

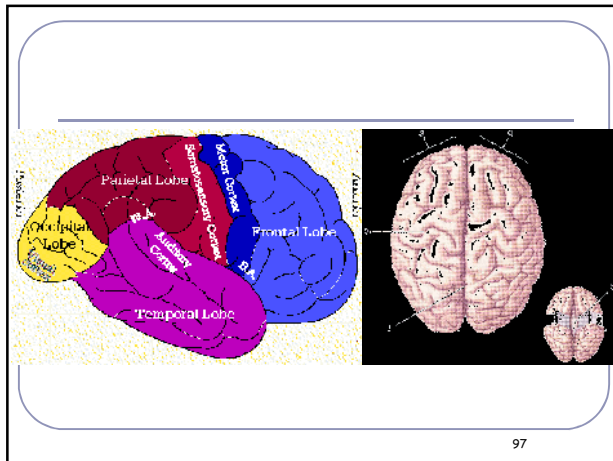


95

## D) Veliki možgani (cerebrum)

- pri ljudeh in drugih primatih - največji in najrazvitejši del osrednjega živčevja;
  - 2 polobli (hemisferi), ki se delita na režnje;
- **skorja (cortex):**
  - **senzorična področja** - zaznava dražljaja in njegova analiza,
  - **motorična področja** - uravnavanje gibanja;
  - **asociacijska področja** - analiziranje in integracija, obnašanje.

96

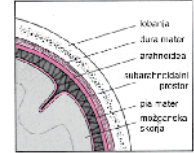


97

### E) Možganske ovojnice in cerebrospinalna tekočina (likvor)

- CNS pokrivajo možganske ovojnice:

- čvrsta možganska ovojnica (*dura mater*) - debela zunanja
- pajčevnica (*arachnoidea*)
- mehka možganska ovojnica (*pia mater*) - prilega površini možganov.
- med pajčevnico in pia mater - mreža iz rahlega veziva (*subarahnoidalni prostor*)



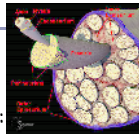
- Cerebrospinalna tekočina:**

- prozorna tekočina v možganskih votlinah;
- mehanska in kemična zaščita CNS;

99

### 2.1.4 Zunanji (periferni) živčni sistem

- sestavljajo ga gangliji in živci;
- Gangliji:**
  - skupki teles živčnih celic zunaj CNS;
  - v njih prihaja do preklopa živčnih impulzov iz preganglionarnih na postganglionarna vlakna.
- Živci:**
  - makroskopsko bele vrvice,
  - mikroskopsko z vezivom povezani snopi mieliziranih in/ali nemieliziranih živčnih vlaken;
  - osnovna naloga - prevajanje dražljajev med osrednjim živčevjem in drugimi deli telesa



100

### Razdelitev glede na smer prevajanja dražljajev:

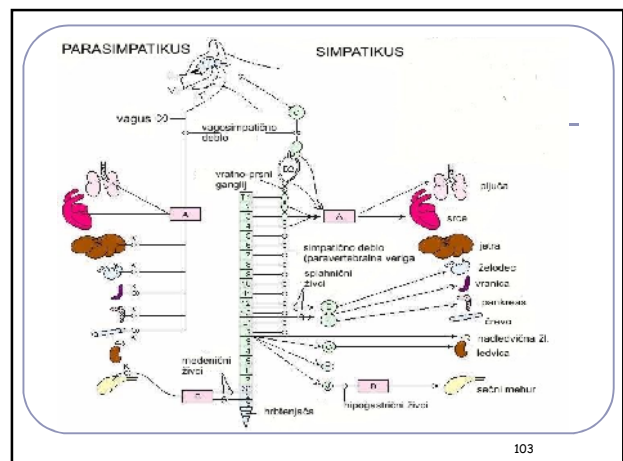
- senzorični (afarentni)** živčni sistem - receptorji → CNS,
- motorični (eferentni)** živčni sistem - CNS → zunanost telesa:
  - somatski motorični del** → skeletne mišice, in
  - avtonomni (vegetativni) del** → notranji organi:
    - simpatični** in **parasimpatični** (antagonistično delovanje).
- enterični (visceralni) živčni sistem** - mreža nevronov v stenah prebavnega trakta:
  - kontrolira ga avtonomni NS,
  - lahko deluje samostojno.

101

### A) Avtonomni (vegetativni) živčni sistem (VNS)

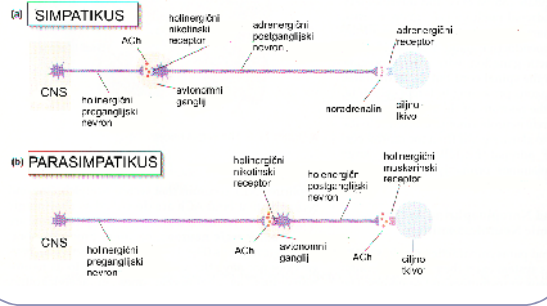
- zaznava spremembe, ki nastanejo v telesu,
- njegovo delovanje ni pod vplivom volje;
- odgovoren za uravnavanje pomembnih življenjskih procesov;
- oživčuje vsa tkiva razen skeletnih mišic;
- povezava med CNS in organom poteka po 2 nevronih - med seboj povezana s sinapso v **avtonomnem gangliju** (zunaj NS)

102



103

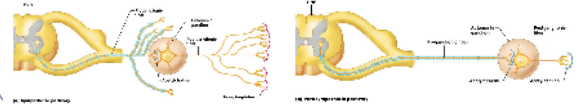
## Nevrotransmiterji in receptorji vegetativnega živčnega sistema



104

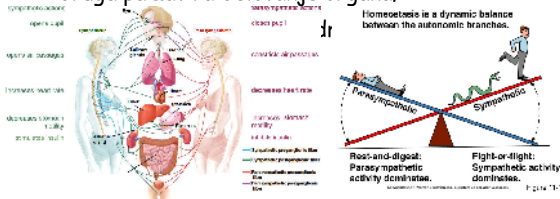
## Delitev VNS:

- na osnovi anatomskih in fizioloških razlik:
  - simpatični del (simpatikus)** → pripravlja organizem na aktivnost (odgovor »fight or flight«).
  - parasimpatični del (parasimpatikus)** → prevladuje, ko je žival sproščena in počiva:
    - glavni živec, - n. vagus



105

- večina organov oživčena s simpatikusom in parasimpatikusom:
  - antagonistično delovanje → ena veja pospešuje, druga pa zavira delovanje organa;



106

## Nevrotransmiterji VNS:

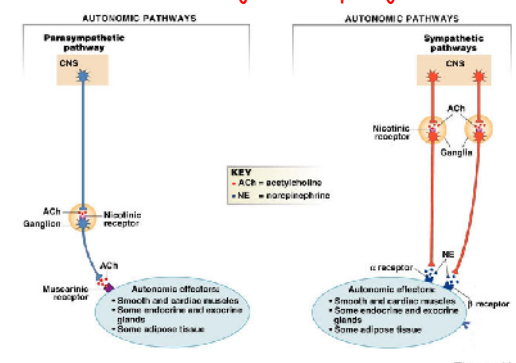
- acetilholin (ACh)** → **holinergična vlakna**:
  - vsi preganglionski nevroni v simpatičnem in parasimpatičnem živčnem sistemu
  - postganglionski nevroni parasimpatikusa
- noradrenalin (norepinefrin)** → **adrenergična vlakna**:
  - postganglionski nevroni simpatikusa
- delujejo na ciljne organe z vezavo na membranske celične receptorje:
  - holinergični**:
    - nikotinski - v avtonomnih ganglijih simpatikusa in parasimpatikusa,
    - muskarinski - v sinapsah parasimpatikusa (ciljni organi).
  - adrenergični**:
    - $\alpha$ - in  $\beta$ -adrenergične receptorje (ciljni organi simpatikusa).

107

- nevrotransmiterji VNS delujejo na ciljne organe z vezavo na **membranske celične receptorje** → aktiviranje.
- vrste receptorjev:
  - holinergični**:
    - nikotinski** - v avtonomnih ganglijih simpatikusa in parasimpatikusa, motorična ploščica
    - muskarinski** - v sinapsah parasimpatikusa (ciljni organi).
  - adrenergični**:
    - $\alpha$ - in  $\beta$ -adrenergične receptorje (ciljni organi simpatikusa).

108

## Nevrotransmiterji in receptorji VNS



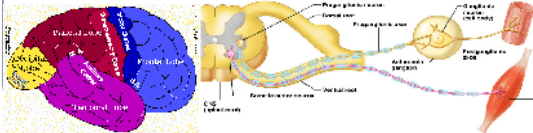
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Figure 11-11

109

## B) Somatski (motorični) živčni sistem

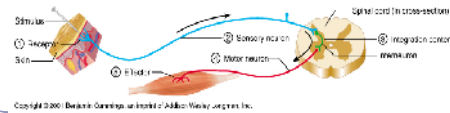
- eferentni živci motoričnega živčnega sistema prenašajo dražljaje iz CNS do mišic:
  - vedno vzdražijo mišico (ekscitatorni);
  - posamezni nevron kontrolira število mišičnih vlaken;
  - sinapsa med somatskim motornim nevronom in mišico = živčno-mišična sinapsa;
- aferentni (senzorni) živci prenašajo povratne informacije v CNS
- večina živcev tega sistema - pod kontrolo volje (razen ob nezavednosti ali ob refleksi)



110

## Refleksi

- ena od osnovnih funkcij osrednjega živčevja;
- nehoten in nezaveden odgovor živčnega sistema na zunanji dražljaj;
- osnovna anatomsko in funkcionalna enota - refleksijski lok:
  - Receptorji - sprejemajo dražljaje iz okolice → akcijski potenciali;
  - Aferentni (senzorični živci) - dražljaj → refleksijski center
  - Refleksijski center - sinapsa v CNS.
  - Eferentni (motorični živci) - zapuše hrbtenjačo, dražljaj → izvršilni organ.
  - Izvršilni organ (efektor) - neposredno odgovori na dražljaj (mišice, žleze).



Copyright 2000 Benjamin Garretts, vse izvirno in avtorsko varovano.

111

## Delitev refleksov glede na nastanek:

- nepogojni refleksi:**
  - anatomski elementi in delovanje refleksnega loka genetsko programirano;
  - ob rojstvu popolnoma razviti in prisotni pri vseh predstavnikih določene vrste.
- pogojni refleksi:**
  - se razvijajo in ugašajo vse življenje;
  - zanje značilno, da nek neadekvatni senzorični dražljaj (zvok, svetloba, kožni dražljaj) sproži refleksni odgovor (slinjenje, izločanje želodčnega ali prebavnega soka).
  - odkril in proučeval jih je ruski fiziolog I. Pavlova v začetku prejšnjega stoletja

112

## 2.2 ČUTILA

- organi, ki sprejemajo fizikalne in kemične dražljaje iz okolja ali notranjosti organizma in jih spreminjajo v živčna vzburljenja (akcijske potenciale);
- vsako čutilo sestavljeno iz receptorja, čutnega (senzoričnega) živca in čutnega (senzoričnega) centra v skorji velikih možganov.

113

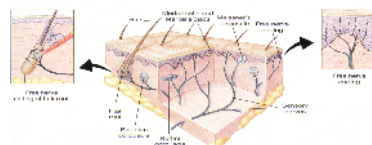
## Receptorji

- posebno oblikovane celice ali prosti živčni končiči;
- pretvorniki, ki spreminjajo dražljaje v akcijske potenciale;
- minimalni dražljaj, ki lahko aktivira receptor - **prag dražljaja**.
- Razdelitev:**
  - glede na zgradbo:** receptorne celice, živčni končiči, posebno oblikovana telesa
  - glede na vrsto zaznave:** somatosenzorni (kožna, globoka in visceralna občutljivost), specialni receptorji (čutila okusa, vonja, sluha, ravnotežja in vida).
  - glede na način vzdraženja:** mehanoreceptorji, kemoreceptorji, ozmoreceptorji, fotoreceptorji, termoreceptorji

114

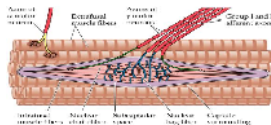
## 2.2.1 Somatosenzorični receptorji

- kožni receptorji:**
  - mehanoreceptorji, termoreceptorji in nocioreceptorji,
  - omogočajo zaznavo telesnih (somatskih) zaznav, npr. dotik, toplota.



115

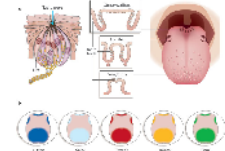
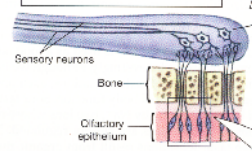
- **receptorji globoke občutljivosti (proprioceptorji)** - receptorji v mišicah, tetivah in sklepnih ovojnicah, ki dajejo organizmu informacije o položaju telesa in njegovem gibanju, sodelujejo pri nastajanju refleksov
- **visceralni receptorji** - živčni končiči v steni notranjih organov, vzdražijo se pri močnih krčenjih mišic notranjih organov in posredujejo CNS podatke o napolnjenosti prebavil.
  - receptorji za bolečino (nociceptorji) - aktivirajo jih močni mehanični, termični, kemični dražljaji



116

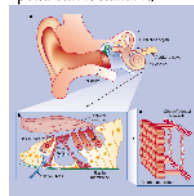
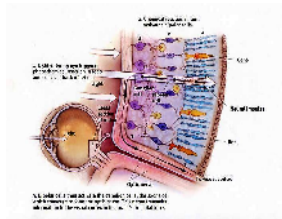
## 2.2.1 Specialni receptorji

- **čutilo za vonj:** vezava vodotopnih kemičnih snovi iz vdihanega zraka na kemoreceptorje v vohalni (olfaktorni) sluznici:  
The receptor cells synapse with sensory neurons in the olfactory bulb.
- **čutilo za okus:** vezava vodotopnih kemičnih snovi na kemoreceptorske celice okušalnih brbončic na jeziku



117

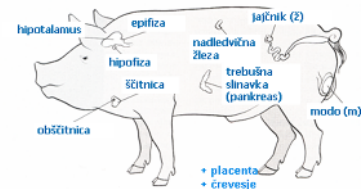
- **organ vida - oko:** zbiranje in usmerjanje svetlobe na mrežnico → občutljiva na svetlobne dražljaje, ki vzdražijo fotoreceptorske celice.
- **čutilo za sluh in ravnotežje:**
  - **sluh** - zvočni valovi vzdražijo mehanoreceptorske celice v polžu
  - **ravnotežje** - gravitacijska sila, spremembe v pospešku vzdražijo mehanoreceptorje v polkrožnih kanalih;



118

## 2.3 FIZIOLOGIJA HORMONALNEGA SISTEMA

- **hormonalni (endokrini) sistem** - sistem žlez z notranjim izločanjem in drugih tkiv ter organov, ki s svojimi izločki povezujejo delovanje organizma v skladno celoto.



119

### 2.3.1 Zgradba in delovanje hormonov

#### Hormon:

- kemična snov znane zgradbe, ki ga izloča hormonalna (endokrini) žleza ali drug organ oz. tkivo;
- po izločanju deluje na ciljne celice ali organe:
  - v neposredni bližini ali
  - prehaja v kri in učinkuje na oddaljenem mestu v telesu.

120

#### A) Kemična sestava hormonov

- **Peptidni hormoni:**
  - nastajajo v endoplazmatskem retikulumu iz peptidov ali aminokislin kot prohormoni,
  - v obliki zrn (granul) se skladiščijo v celicah.
  - cepljenje prohormonov → aktivne oblike.
  - hormoni hipotalamusa in hipofize, obščitnice, placente, črevesja
- **Steroidni hormoni:**
  - nastajajo v mitohondrijih,
  - so derivati holesterola
  - hormoni skorje nadledvičnih in spolnih žlez ter placente.

121

## Derivati aminokislin:

- po strukturi podobni aminokislinam;
- večinoma - iz aminokislina tirozina, nekateri iz triptofana.
- hormoni sredice nadledvične žleze (kateholamini), tiroksin in trijodtironin, melatonin.

## Druge kemične spojine:

- prostaglandini, tromboksani in levkotrieni,
- sintetizirajo se iz nenasičenih maščobnih kislin, npr. arahidonske.
- večinoma delujejo kot parakrini dejavniki (učinkujejo blizu mesta nastanka)

122

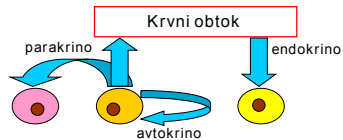
## B) Mehanizmi izločanja hormonov

- izločanje - običajno na področjih z bogatimi kapilarnimi mrežami → hitro vstopijo v krvni obtok → v krvi - v prosti obliki ali vezani na prenašalne beljakovine
- sintezo in izločanje hormonov vzpodbudijo:
  - spremembe v sestavi ekstracelularne tekočine ali koncentracije nekega drugega hormona (neposredno)
  - stimulacija hormonalne žleze pod vplivom živčnega sistema (posredno).
- Izločanje večine hormonov v organizmu uravnavajo mehanizmi negativne povratne zveze.**

123

## Osnovni načini izločanja hormonov:

- endokrini:** hormon se izloča v kri, potuje z njo po telesu in deluje na ciljne organe na drugem delu telesa;
- parakrini:** hormon se izloča v medceličnico, deluje na ciljne celice v okolici.
- avtokrini:** po izločanju hormon deluje na celico, v kateri je nastal;



124

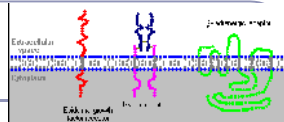
## C) Prenos in delovanje hormonov

- prenos s krvjo:
  - vezava na prenašalce (plazemske beljakovine) - steroidni, ščitnični in deloma peptidni;
  - prenos v nevezani obliki (prosti) - kateholamini, večina peptidnih hormonov;
- vsi hormoni, ki pridejo v krvni obtok, pridejo v stik z vsemi celicami;
- posamezni hormon deluje samo na omejeno število celic = **ciljni organi oz. celice**;

125

## Receptorji:

- ciljna celica odgovarja na hormon, če ima **receptorje** zanj;
- vezava hormona na receptor → veriga reakcij znotraj celice → vpliv na delovanje celice.
  - na P celic (v membrani) - receptorji za proteinske in peptidne hormone, kateholamini, prostaglandini → aktivacija encimov znotraj celice
  - v notranjosti celice - receptorji za steroidne in ščitnične hormone → stimulacija transkripcije različnih genov;

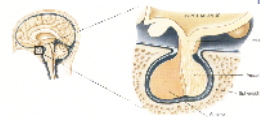


126

## 2.3.2 Hormonalne žleze in njihovi hormoni

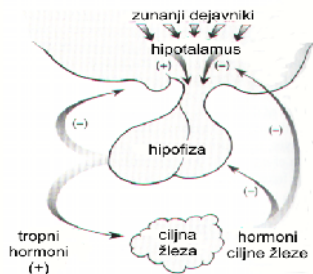
### A) Hormoni hipotalamusa in hipofize

- hipotalamus:**
  - na bazi možgan, nad križiščem vidnih živcev in hipofizo;
  - s številnimi živčnimi potmi povezan z višjimi centri.
- hipofiza (možganski privesek):**
  - majhna žleza, ki leži v koščeni vdolbini lobanjskega dna (turško sedlo), tik pod hipotalamusom



127

## Mehanizem izločanja hormonov hipotalamusa in hipofize



128

## Hormoni hipotalamusa

- v hipotalamusu - **nevrosekretorne celice** - namesto nevrottransmiterjev izločajo hormone:
  - v kri → adenohipofiza → uravnavajo izločanje hipofiznih hormonov;
  - po živčnih podaljških **nevrosekretornih celic** → neurohipofiza → kri;
- hipotalamus omogoča povezavo med živčnim in hormonalnim sistemom:
  - dražljaji iz CNS → hormoni hipotalamusa → hormoni hipofize → hormonalne žleze v organizmu → uravnavanje delovanja organizma
- mehanizem urejanja - negativna povratna zveza.**

129

## Glede na učinek pri izločanju hormonov iz hipofize:

- Sproščevalni hormoni hipotalamusa:**
  - sproščevalni hormon **somatotropina - somatoliberin, GHRH** (pospešuje izločanje rastnega hormona);
  - sproščevalni hormon **prolaktina - PRH** (pospešuje izločanje prolaktina),
  - sproščevalni hormon **melanotropina - MSH-RH** (pospešuje izločanje melanotropina),
  - sproščevalni hormon **kortikotropina - kortikoliberin; CRH** (pospešuje izločanje kortikotropina),
  - sproščevalni hormon **tirotropina- tiroliberin, TRH** (pospešuje izločanje tirotropina),
  - sproščevalni hormon **gonadotropinov - gonadoliberin, GnRH** (pospešuje izločanje gonadotropinov);

130

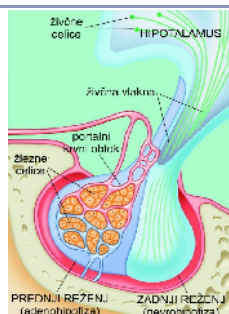
## Zaviralni hormoni hipotalamusa:

- zaviralni hormon **somatotropina - somatostatin, GHIH** (zavira izločanje rastnega hormona);
- zaviralni hormon **prolaktina - PIH** (zavira izločanje prolaktina);
- zaviralni hormon **melanotropina - MSH-IH** (zavira izločanje MSH).
- V hipotalamusu nastajata tudi hormona **oksitocin** in **antidiuretični hormon (ADH, vazopresin)**, ki v hipofizo prihajata po živčni poti in se izločata iz neurohipofize.

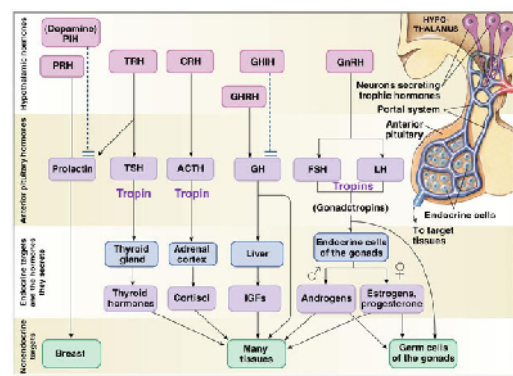
131

## Hormoni hipofize

- hormoni prednjega režnja (adenohipofize) in
- hormoni zadnjega režnja (neurohipofize).



132



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Fig. 7-13

133

## Hormoni adenohipofize



### • Rastni hormon, somatotropin (STH):

- izločanje v sunkih;
- najbolj intenzivno ponoči,
- največje je pri mladih, rastočih živalih (tudi pri odraslih).
- na organizem vpliva preko rastnih faktorjev:
- uravnava rast kosti in mišic pri mladih organizmih,
- pri odrasli vpliva predvsem na presnovo (pri kravah v laktaciji pospešuje sintezo mleka).

134

- Motnje v izločanju rastnega hormona - lahko posledica motenj v delovanju hipotalamusa, hipofize ali ciljnih celic (receptorjev).

- Oblika motenj - odvisna od starosti osebk:

- **Gigantizem** - povečano izločanje
- STH pred zaključkom rasti kosti v puberteti → osebki nenormalno veliki



- **Akromegalija** - izločanje STH povečano po končani puberteti → rast hrustanca → spremembe na glavi in okončinah:
  - pri psih - rast zgornje čeljustnice, jezika in tudi prstov;



- **Pritlikavost** - izločanje STH zmanjšano
- pred zaključeno telesno rastjo → prizadeti osebki nenormalno majhni

135

### • Kortikotropin (ACTH):

- pospešuje sintezo in izločanja glukokortikoidov (kortizola) in androgenov v skorji nadledvične žleze.

### • Tiroideo (ščitnico) stimulirajoči hormon (TSH):

- glavni regulator sinteze in izločanja ščitničnih hormonov T3 in T4.
- deluje na epitelne celice ščitnice, pospešuje razvoj ščitnice in oksidacijo in vezavo joda v ščitnična hormona.

136

### • Gonadotropna hormona LH in FSH:

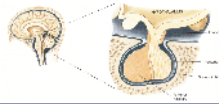
- **samice** - razvoj in zorenje foliklov na jajčniku, ovulacija, rast rumenega telesa, izločanje estrogenih in gestagenih hormonov,
- **samci** - vpliv na zarodni epitel semenskih kanalčkov, razvoj in zorenje spermijev, izločanje testosterona.

### • Prolaktin (PRL):

- več kot 300 različnih funkcij:
- **samice** - vpliva na rast mlečne žleze, pospešuje sintezo mleka, vpliva na reprodukcijsko in materinsko obnašanje.
- **samci** - vpliva na sintezo androgenih hormonov, pospešuje rast spolnih organov v puberteti in vpliva na tvorbo spermijev.

137

## Hormoni neurohipofize



- deluje kot skladišče za oksitocin in antidiuretični hormon (ADH, vazopresin), ki nastajata v živčnih celicah hipotalamusa.

### • Oksitocin:

- povzroča krčenje gladkih mišičnih vlaken v maternici in mlečni žlezi → vloga pri porodu,
- omogoča nevrohormonalni refleks izločanja mleka (praznjenje vimena pri molži/ sesanju),
- pri samcih - ejakulacija sperme, nekateri vidiki seksualnega obnašanja.

138

### • Adiuretin (adiuretični hormon, antidiuretični hormon, ADH, antidiuretin) ali vazopresin:

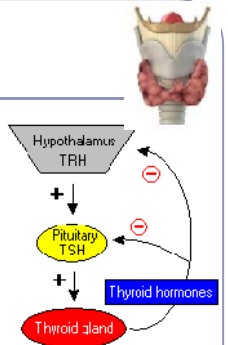
- sproščanje iz neurohipofize ob dvigu osmotskega tlaka v krvi ali ob močnem padcu krvnega tlaka.
- deluje na distalne ledvične kanalčke → pospešuje reabsorpcijo vode iz primarnega urina → volumen izločenega urina se zmanjša → **ohranja vodo v organizmu**
- povzroča tudi krčenje krvnih žil

139

## B) Hormoni ščitnice

### Ščitnica:

- največja hormonalna žleza
  - pri sesalcih - na vratu ob sapniku,
  - pri perutnini - v prsni votlini,
- sestavljena iz dveh režnjev,
- izloča ščitnične hormone:
  - tiroksin (T4),
  - trijodtironin (T3) in
  - kalcitonin (tireokalcitonin);
- uravnavanje izločanja:
  - hipotalamus - TRH → hipofiza - TSH (mehanizem negativnega povratnega učinka),



140

## T3 in T4:

- nastajata v folikularnih celicah ščitnice (vezana na beljakovine v želatinozni snovi (koloidu) znotraj ščitničnih foliklov);
- v krvi - vezana na beljakovine, biološko aktivna - v prosti obliki;
- T3 biološko aktivnejša oblika (iz T4 z dejodinacijo);
- Delovanje:
  - odrasli osebki - pospešujeta bazalno presnovo, presnovo ogljikovih hidratov in maščob → dvig telesne temperature (kalorigeno delovanje), normalno razmnoževanje.
  - mladi osebki - nujna za normalno rast in razvoj, skeleta in živčnega sistema.

141



142

## Kalcitonin:

- pri sesalcih ga izločajo parafolikularne (C) celice ščitnice (pri pticah ultimobranhialni organ);
- najpomembnejši fiziološki učinek - uravnavanje koncentracije  $Ca^{2+}$  v krvi:
  - zavira delovanje osteoklastov, spodbuja nalaganje Ca v kosteh → znižuje koncentracijo  $Ca^{2+}$  v krvi;
  - mehanizem uravnavanja - negativna povratna zveza (dvig koncentracije  $Ca^{2+}$  spodbudi izločanje kalcitonina).

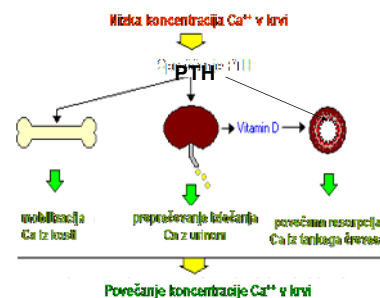
143

## Hormon obščitnice - paratiroidni hormon (PTH)

- Obščitnica - parna žleza ob ščitnici;
- izloča **paratiroidni hormon** (kot odgovor na padajoče vrednosti  $Ca^{2+}$  v krvi);
- izločanje PTH → dvig koncentracije  $Ca^{2+}$  v krvi zaradi:
  - mobilizacije iz kosti,
  - povečane resorpcije iz tankega črevesa,
  - preprečenega izločanja z urinom in
  - aktivacije vitamina  $D_3$  (v ledvicah).

144

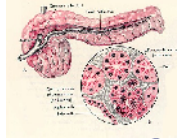
## Slika 2.24: Delovanje in uravnavanje izločanja PTH



145

### D) Hormoni trebušne slinavke

- trebušna slinavka - mešana žleza:
  - eksokrina funkcija = izločanje prebavnih encimov
  - endokrina funkcija (Langerhansovi otočki) = izločanje hormonov:
    - $\alpha$ -celice  $\rightarrow$  hormon glukagon,
    - $\beta$ -celice  $\rightarrow$  hormon inzulin,



146

### Insulin:

- izločanje odvisno od koncentracije glukoze v krvi:
  - dvig koncentracija (npr. po hranjenju)  $\rightarrow$  izločanje insulina;
  - padec koncentracije  $\rightarrow$  izločanje insulina preneha;
- na izločanje insulina vpliva tudi vegetativni živčni sistem:
  - aktivnost parasimpatkus  $\rightarrow$  stimulacija,
  - aktivnost simpatikusa  $\rightarrow$  zaviranje;

147

### Delovanje insulina:

- v večini tkiv pospeši vstop glukoze v celice  $\rightarrow$  upadanja koncentracije glukoze v krvi;
- uravnava intermediarni metabolizem ogljikovih hidratov, maščob (akumulacija v organizmu), beljakovin in mineralov.
- **Ob pomanjkanje insulina:**
  - glukoza se po obrokih kopiči v krvi, ker ne more vstopati v celice,
  - oblika sladkorne bolezni = diabetes mellitus.

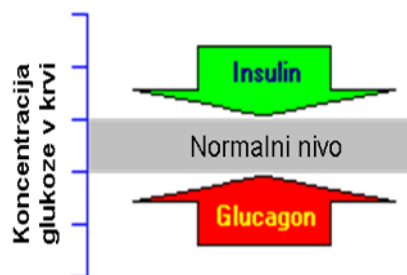
148

### Glukagon

- pri vzdrževanju normalne koncentracije glukoze v krvi deluje nasprotno inzulinu:
  - padec koncentracija glukoze  $\rightarrow$  izločanje glukagona
  - ko koncentracija doseže normalno raven, se izločanje glukagona ustavi;
- deluje v jetrih:
  - pospešuje glikogenolizo (razgradnjo glikogena) in
  - glukoneogenezo (tvorbo glukoze).

149

Slika 2.25: Učinek insulina in glukagona na koncentracijo glukoze v krvi:



150

### E) Hormoni nadledvične žleze

- nadledvični žlezi - na zgornji strani ledvic;
- pri sesalcih - histološko razdeljena na skorjo in sredico  $\rightarrow$  izločanje različnih hormonov,
  - **hormoni skorje - steroidni hormoni:**
    - glukokortikoidi
    - mineralokortikoidi
    - spolni hormoni
  - **hormoni sredice - kateholamini:**
    - Adrenalin, noradrenalin



151

### Hormoni skorje nadledvične žleze

- nastajajo v različnih plasteh skorje nadledvične žleze;
- več kot 20 različnih steroidnih hormonov = **kortikosteroidi**;
  - mineralokortikoidi,
  - glukokortikoidi in
  - spolni hormoni.
- prenos po krvi - beljakovinski nosilci → delujejo dalj časa kot večina ostalih hormonov;
- delovanje v celicah - vpliv na proizvodnjo encimov → celično presnovo.

152

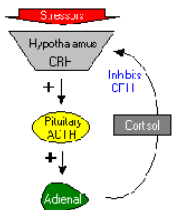
### Mineralokortikoidi

- uravnavajo koncentracijo elektrolitov (npr. Na, K) v telesu;
- najpomembnejši - **aldosteron**;
- izločanje zaradi:
  - padca Na<sup>+</sup> ali dviga K<sup>+</sup> v cirkulaciji,
  - padca volumna krvi ali krvnega tlaka,
- omogoča resorpcijo Na in izločanje K v ledvičnih kanalčkih.

153

### Glukokortikoidi

- vplivajo na metabolizem ogljikovih hidratov, maščob, beljakovin → zvišanje koncentracije glukoze v krvi,
- protivnetno delovanje* - zaviralno učinkujejo na nekatere mediatorje vnetja;
- najpomembnejši pri večini živali **kortizol**:
  - uravnavanje izločanja - mehanizmi negativne povratne zveze
  - izločanje po cirkadianem vzorcu (dnevne živali - minimum zvečer, maksimum zgodaj zjutraj)
  - vpliv stresa (preko CNS)



154

### Moški in ženski spolni hormoni

- nastajajo v skorji nadledvične žleze pri obeh spolih;
- njihove vrednosti nizke → nimajo vpliva na reprodukcijske lastnosti živali, njihova siceršnja fiziološka vloga ni znana.

155

### Hormoni sredice nadledvične žleze:

- izločanje spodbujajo nevroni simpatičnega živčnega sistema.
- hormoni - **kateholamini**:
  - adrenalin (epinefrin)**,
  - noradrenalin (norepinefrin)** in
  - dopamin**
- Učinki - na intermediarni metabolizem in procese, s katerimi organizem premaga stres.
  - dvig koncentracije glukoze v krvi,
  - pospešujejo srčno funkcijo,
  - spodbujajo krčenje arterij in dviganje krvnega tlaka ter
  - stimulirajo centralni živčni sistem.

156

- kateholamini - hormoni stresa** → hitra reakcija na trenutno nevarnost ali izredne okoliščine;
- če žival ne more pobegniti iz stresne situacije → daljnosežni mehanizmi obrambe, ki omogočajo vzdrževanje koncentracije glukoze (mobilizacija maščob, beljakovin kot virov energije zaradi povečanih vrednosti glukokortikoidov).
- dolgotrajni stres → faza izčrpanja → smrt (če stresor ni odstranjen).

157

### F) Črevesni hormoni (enterohormoni)

- izločanje - posebne celice v črevesni sluznici pod vplivom avtonomnega živčnega sistema in kemičnih snovi v hrani.
- večinoma delujejo v črevesju:
- urejajo nekatere prebavne procese (gibanje črevesja, izločanje prebavnih encimov);
- nekateri delujejo v CNS kot transponderji (prenašalci) dražljajev v sinapsah.

158

### pomembnejši črevesni hormoni:

- gastrin,
- holecistokinin (CCK),
- sekretin,
- gastrinski zaviralni polipeptid (GIP),
- vazodilatorni intestinalni polipeptid (VIP),
- enteroglikagon,
- motilin

159

### G) Hormon epifize

- **Epifiza (črešerika)** - drobna žleza med malimi in velikimi možgani;
- glavni hormon = **melatonin**;
  - sinteza - pod vplivom menjave svetlobe in teme (**cirkadiano**) → ponoči ↑, podnevi ↓ → informacije o času dneva;
  - pozimi je čas izločanja daljši kot poleti → informacije o letnem času
  - vpliv na delovanje hipotalamusa in hipofize → uravnavanje sezonskih reprodukcijskih procesov, delovanja ščitnične osi, nadledvične žleze in pankreasa.

160

### H) Hormoni spolnih žlez

- spolne žleze:
  - samice - jajčniki (ovariji),
  - samci - moda (testisi)
  - izločajo spolne hormone in spolne celice.
- splošni učinki spolnih hormonov (pri obeh spolih):
  - vpliv na spolne organe,
  - pojav telesnih znakov, značilnih za posamezni spol (sekundarni spolni znaki),
  - vplivi na presnovo → rast in razvoj celotnega telesa.

161

### Moški spolni hormoni (androgeni)

- nastajanje - Leydigove celice mod (→ LH);
- biološko najpomembnejši androgeni - **testosteron**;
- nekateri drugi - slabše fiziološko delovanje.
- vloga testosterona - bistvena za reprodukcijske procese samcev:
  - rast semenskih kanalčkov,
  - nastajanje spermijev (spermatogenezo),
  - razvoj prostate in drugih akcesornih spolnih žlez.
  - razvoj sekundarnih moških spolnih znakov in obnašanje samcev
  - presnova → pospešujejo oksidacijske procese in sintezo beljakovin, predvsem v mišicah (**anabolični učinek**).

162

### Anabolični steroidi

- **sinetične snovi, ki se uporabljajo za stimulacijo sinteze beljakovin in s tem povečanje mase skeletne mišičnine.**
- podobne endogenim androgenom, npr. testosteronu.
- pospešujejo razvoj sekundarnih moških spolnih znakov;
- Z mehanizmom negativne povratne zveze vplivajo na hipotalamo-hipofizno os → zmanjšana proizvodnja endogenega testosterona → zavirata spermatogeneza.
- **Uporaba anaboličnih steroidov kot pospeševalcev rasti v žvirorejski proizvodnji je strogo prepovedana.**

163

### Ženski spolni hormoni

- ženske spolne žleze jajčniki proizvajajo dve skupini hormonov:
  - estrogene in
  - gestagene,
- njihova koncentracija se stalno spreminja v odvisnosti od reprodukcijskega stanja samice.

164

### Estrogeni hormoni

- nastajajo v foliklu jajčnika (→ FSH, LH), in v placenti brejih živali;
- veliko število kemijsko sorodnih hormonov (npr. **17  $\beta$ -estradiol, estron, estriol, ekvilin in ekvilenin**).
- Delovanje:
  - razvoj ženskih spolnih organov,
  - sekundarnih spolnih znakov.
  - bistveni pri reprodukciji samic → razvoj maternične sluznice, priprava na sprejem zarodka (proliferacijska faza).
  - razvoj tkiva in kanalčkov v mlečni žlezi

165

### Gestageni hormoni

- nastajajo v rumenem telesu (na mestu, kjer je počil folikel) in v placenti (kobilica, ovca in psica);
- najpomembnejši gestagen: progesteron.
- Vloga:
  - razvoj maternične sluznice in omogočijo njeno zaključno pripravo na sprejem oplojenega jajčeca (sekretorna faza).
  - obnašanje v času gonitve (pri ovcah in psicah) in brejosti,
  - razvoj vimena.

166

### I) Hormoni placente

- placenta omogoča preskrbo zarodka s hranilnimi snovmi in kisikom, hkrati pa je tudi organ z notranjim izločanjem;
- Najpomembnejši hormoni placente:
  - **gonadotropni hormoni** (horijski gonadotropini, horijski somatotropini) - vzdržujejo rumeno telo in pospešujejo rast mlečne žleze med brejostjo.
  - **relaksin** - pripravlja mehka tkiva v medeničnem kanalu na porod (širjenje porodne poti).
  - **estrogeni in progesteron** - omogočajo vzdrževanje brejosti in sodelujejo pri začetku poroda.

167

### 3 Fiziologija prebave

167

### Prebavni sistem (prebavni trakt):

- cev iz gladke mišičnine, znotraj prekrita s sluznico, ki se ob ustih in zadnjiku nadaljuje v kožo;
- glavne funkcije:
  - jemanje, drobljenje, razgradnja in absorpcija hranilnih snovi
  - odstranjevanje odvečnih snovi.
- **predstavlja področje, skozi katerega hranilne snovi prehajajo v telo (krvni obtok):**
  - hranilne snovi se med prebavo razgradijo do svojih osnovnih sestavin - enostavnih sladkorjev, aminokislin, maščobnih kislin ... → prenos skozi steno prebavil (absorpcija);

169

## Glavni procesi, ki potekajo v prebavilih:

- **sekrecija** - izločanje encimov, sluzi, ionov v lumen prebavne cevi in hormonov v krvni obtok,
- **absorpcija** - transport vode, ionov in hranilnih snovi iz lumna skozi epitelij v kri in
- **gibanje** - krčenje gladkih mišic v steni prebavne cevi, ki drobi, meša in premika vsebino.
  - vsak del prebavne cevi opravlja vsaj katero od teh funkcij,
  - posamezna področja - imajo specifične naloge.

170

## Prebavni sistem anatomsko sestavljajo:

- **prebavna cev:**
  - usta, žrelo, požiralnik,
  - predželodci (pri prežvekovalcih), želodec,
  - tanko črevo, debelo črevo in zadnjik, ter
- **privesne žleze:**
  - slinske žleze, jetra in trebušna slinavka).
- **večina** - v trebušni in medenični votlini;

171

## 1 SPLOŠNE LASTNOSTI PREBAVIL IN PREBAVE DOMAČIH ŽIVALI

172

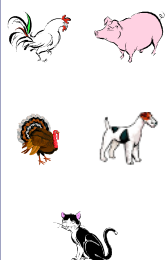
## 1.1 Razdelitev domačih živali glede na anatomske in funkcionalne lastnosti prebavil:

- **A) glede na hranjenje:**
  - rastlinojedi (herbivori)
  - mesojedi (karnivori)
  - vsejedi (omnivori)
- **B) glede na obliko (zgradbo) želodcev:**
  - monogastriidi (enodelen želodec): prašič, konj, mesojedi
  - poligastriidi (večdelen želodec): prežvekovalci

173

## C) glede na način prebave:

### Monogastrične



### Prežvekovalci



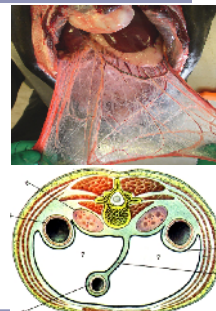
### Kavdalni fermentatorji



174

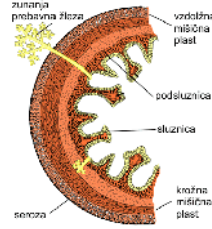
## 1.2 Zgradba stene prebavne cevi

- stena celotne prebavne cevi (od ust do zadnjika) - iz štirih glavnih plasti:
- **zunanja plast - serozna opna = potrebušnica (peritonej)**
  - **visceralni del** - se prilaga organom,
  - **parietalni del** - prekriva notranjo steno trebušne/ medenične votline.
- **mezenterij:** pritrjuje prebavne organe na steno telesnih votlin.
  - V njem krvne in limfne žile, živci, ki oskrbujejo prebavne organe.



175

- **mišična plast:** omogoča kompleksne gibe (mešanje in premikanje vsebine)
  - notranja - krožna, zunanja - vzdolžna,
- **vezivnotkivna podsluznica (submukoza):** v njej - krvne in limfne žile ter živci.
- **sluznica:** zgradba in delovanje prilagojena funkcijam posameznih delov prebavil;
  - žlezna in brezžlezna (kutana).



176

## 1.3 Uravnavanje delovanja prebavnega sistema

- delovanje prebavil: sodelovanje živčnega in hormonalnega sistema.
- **A) Črevesni (enterični) živčni sistem:**
- lokalni živčni sistem prebavnega sistema (deluje avtonomno):
  - mreži (pleksusa) nevronov v steni prebavne cevi (od požiralnika do zadnjika);
- je pod vplivom vegetativnega živčnega sistema:
  - stimulacija simpatikusa - zavira gibanje in izločanje prebavil in krčenje mišic zapiralk,
  - stimulacija parasimpatikusa - pospešuje prebavne funkcije.

177

## B) Črevesni (enterični) hormonalni sistem

- največji endokrini organ v telesu:
  - celice - razpršene med epitelimi celicami sluznice želodca in tankega črevesa,
  - hormoni se izločajo pod vplivom specifičnih dražljajev - sprememb sestave vsebine prebavne cevi;
- **glavni črevesni hormoni:**
  - gastrin, holecistokinin, sekretin,
  - beljakovinski regulatorni faktorji (gastrični zaviralni polipeptid (GIH) in motilin).

178

## 2 PREBAVA V USTIH

179

## 2.1 ZGRADBA UST

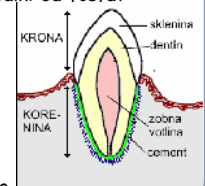
- **Usta (ustna votlina):**
  - najbolj kranialni del prebavnega trakta.
  - omogočajo:
    - sprejemanje in mehanično drobljenje hrane,
    - mešanje, navlaženje hrane s slino → olajšano požiranje;
    - pomembna vloga pri „oblikovanju“ glasu
- **Usta sestavljajo ustna votlina in pripadajoče strukture:**
  - ustnice,
  - lici,
  - zobje,
  - jezik,
  - slinske žleze).



180

## Zobje:

- **zobna krona (prosti del):**
  - prekrita s sklenino (emajlom) - zelo
  - trden; osnova je hidroksiapatit-kristalni Ca-fosfat
- **korenina (del v zobnici):**
  - prekrita s cementom (mehkejši, manj bleščeč, podoben kostnemu tkivu),
- **vrat (med korenino in krono).**
- **osnova zoba: zobovina (dentin):**
  - v dentinu - zobna votlina z zobno pulpo.
  - žile in živci vstopajo v pulpo skozi apikalni kanal.



181

## Oblike zob pri domačih živalih:

- pri sesalcih - dve obliki zob (razlikujeta se po vzorcu rasti in zgradbi):
  - **nizkokronsko** (brahidontno) zobovje (primati, mesojedi in prašiči) → obraba zob majhna (mehkejša hrana),
  - **visokokronsko** (hipsodontno) zobovje (rastlinojedi) → na površini zoba prihaja do obrabe → zob stalno raste.

pes



konj



182

## 2.2 HRANJENJE IN PITJE

- **živali v naravi se hranijo periodično:**
  - prežvekovalci 5 do 10-x/dan;
  - kunci 30 do 40-x/dan;
  - mlade živali pogostejše kakor odrasle;
- domače živali podrejajo način prehrane človekovim postopkom.
- **Upravljanje hranjenja**
  - center za lakoto - v hipotalamusu:
    - podcenter za lakoto (hranjenje);
    - podcenter za sitost (odklanjevanje hrane);
  - vzdraženje centra za lakoto → aktiviranje višjih centrov v skorji velikih možganov → nastanek za določeno spp. značilnega obnašanja (iskanje hrane, lovljenje plena, agresivnost) ...



183

## Načini uravnavanja hranjenja:

- **A) presnovno uravnavanje - koncentracija HS v krvi:**
  - glukoze (nizka → občutek lakote, povišana → sitost);
  - produktov razgradnje maščob;
  - aminokislin;
- **B) prebavno (periferno, nepresnovno) uravnavanje hranjenja:**
  - dražljaji iz prebavil (mehanično raztezanje);
  - enterohormoni (jih izločajo posebne celice v črevesju);
- **C) drugi načini uravnavanja hranjenja:**
  - temperatura okolja (center za termoregulacijo);
  - količina hrane, ki preide skozi žrelo, število žvekalnih gibov, količina izločene sline;
  - psihični vplivi (jeza, strah, vznemirjenje);
  - hormon leptin (izločanje - maščobne celice)

184

## Pitje

- **rastlinojedi in vsejedi:**
  - v zaprti ustni votlini se koren jezika pomakne nazaj → nastanek podtlaka → potopitev gobca v vodo → razpiranje ustnic;
  - zaradi razlike v tlaku vstopanje tekočine v ustno votlino.
- **psi (dolga in gibčna jezika):**
  - konico jezika zvijejo ("zajemalka") → jezik hitro povleče nazaj v ustno votlino → tekočino vržejo proti žrelu;
- **mačke (na jeziku dolge papile):**
  - potapljanje jezika v tekočino → nabiranje tekočine med papilami → jezik skrčijo, potegnejo nazaj v usta → pritiskanje jezika na trdo nebo → ožemanje tekočine.
- **Upravljanje pitja**
  - center za žejo (v hipotalamusu) - iz osmoreceptorskih celic:
    - vzdraženje - ob povečanju osmotskega tlaka krvne plazme (izguba ali pomanjkanje vode);
    - možganska skorja → občutek žeje → iskanje vode → pitje;
    - resorpcija vode v kri → osmotski tlak se zniža → občutek žeje preneha.

185

## Sesanje:

- mladičem omogoča sprejemanje mleka;
- med materjo in mladičem - zveza na osnovi neurohormonalnega refleksa → mleko se intenzivno izloča iz vimena;
- v ustni votlini - podtlak (zaradi gibanja jezika) → mleko potuje proti manjšemu tlaku.

186

## 2.3 ŽVEČENJE

- značilnost sesalcev;
- **Omogoča:**
  - mehanično drobljenje hrane → povečanje P, na katero delujejo prebavni encimi;
  - mehčanje in vlaženje hrane → spreminjanje v obliko, ki se lahko pogoltne;
- **Potek žvečenja:**
  - krčenja zunanji in notranji žvekalni mišici:
    - zgornja čeljusti - nepremična,
    - spodnja čeljusti - se izmenično dviga in spušča;
  - približevanje griznih ploskev zob → drobljenje hrane;
  - jezik - premika hrano po ustni votlini.

187

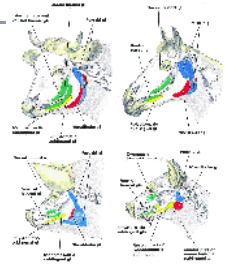
- **Žvečenje pri rastlinojedih:**
  - čeljustni sklep gibljiv v vseh smereh → vrh spodnje čeljustnice opisuje ovalno krivuljo;
  - drobljenje hrane med kočniki in ličniki je podobno mletju zrnja med mlinskimi kamni.
- **Žvečenje pri mesojedih:**
  - čeljustni sklep težajast → gibanje samo v navpični ravnini;
  - hrano slabo prežvečijo;
  - kosti temeljiteje zdrobijo z drobilci.

188

## 2.4 SLINSKE ŽLEZE IN SLINJENJE

### A) Slinske žleze

- v ustno votlino izločajo slino,
- ki vlaži ustno sluznico in vsebino
- izven ustne votline:
  - podušesni,
  - podjezični,
  - podčeljustnični;
- v sluznici ustne votline - posamezne (predvsem sluz);



SCHEMATIC DIAGRAM OF THE SALIVARY GLANDS OF FOUR DOMESTIC MAMMALS

189

### B) Lastnosti, izločanje in sestava sline:

- v slinskih žlezah - dva tipa celic:
  - serozne - izločajo vodeno tekočino,
  - mukozne celice - izločajo tekočino z veliko količino sluzi;
- v ustno votlino se hkrati izloča slina vseh 3 parov slinskih žlez → mešana slina.
- vplivi na izločanje sline:
  - VNS:
    - parasimpatikus - velike količine redke, tekoče sline,
    - simpatikus - manjše količine sline, zelo gosta in vlecljiva - vsebuje veliko sluzi.
  - nekatere kemične snovi.
  - brezpogojni in pogojni refleksi:
    - mehanično in kemično draženje sluznice ust, vonjanje in opazovanje hrane.

190

- **količina odvisna od:**
  - fizikalnih in kemičnih lastnosti hrane;
- vrste živali (govedo: 100 - 180 L/dan, drobnica: 16 - 25 L/dan, konj: 40 L/dan, prašič: 15 L/dan, pes: 3 - 5 L/dan).
- **lastnosti:**
  - vodena tekočina, rahlo sluzasta, nekoliko motna (opalescentna)
  - pH: konj, pes 7,56; prašič 7,32; prežvekovalci 8,1 - 8,4 (bikarbonatni)
- **sestava:**
  - voda: skoraj 99 %
  - anorganske snovi (kloridi, fosfati, bikarbonati, sulfati, Na, K, Ca, Mg ...)
  - organske snovi (beljakovine, encimi ( $\alpha$ -amilaza), sečnina (prežvekovalci!);

191

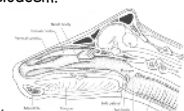
### C) Vloge sline:

- vlaži prežvečeno hrano in jo veže v boluse,
- prekriva sluznico ustne votline (ni direktnega stika s hrano);
- raztapljanje različnih vodotopnih snovi (okušanje!);
- prašiči, kunci, primati: encim  $\alpha$ -amilaza → razgrajuje škrob do maltoze;
- encimi (npr. lizocimi) z baktericidnim delovanjem,
- odplavljanje delcev hrane in bakterij → vzdržuje ustno higieno.
- izhlapevanje (evaporacija) s sluznice → termoregulacija (psi).
- pri prežvekovalcih tudi:
  - pufer pri nevtralizaciji kislin v vampu (bikarbonatni)
  - izvor amoniaka za proces resinteze aminokislin (sečnina).
  - moči vsebino predželodcev (odraslo govedo dnevno do 200 L sline),

192

## 2.5 POŽIRALNIK IN POŽIRANJE:

- **Požiralnik:** kožno-mišična cev, ki povezuje žrelo z želodcem.
- **Požiranje:** končna faza prebave v ustih;
  - uravnava ga center za požiranje v podaljšani hrbtenjači,
  - kompleksen proces (refleks) - poteka v treh fazah:
    - **ustna faza** (pod vplivom volje):
      - potek: jezik potisne vsebino v žrelno votlino
    - **žrelna faza** (refleksna - mehanoreceptorji):
      - v žrelu - križanje prebavne in dihalne poti (mehko nebo - zapre vstop v nosne hodnike; poklopec - pokrije sapnik);
      - žrelne mišice se močno skrčijo → vsebina proti začetnemu delu požiralnika
    - **požiralnikova faza** (refleksna).
      - krčenje prečnih in vzdolžnih mišic požiralnika → vsebina polzi po požiralnikovi cevi in skozi kardijo prehaja v želodec;



193

### 3 PREBAVA V ENODELNEM ŽELODCU

194

Želodec:

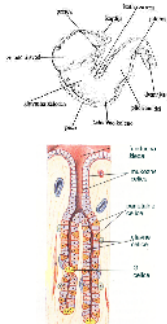
- **več**asto razširjen del prebavil, v katerem se hrana najprej kopiči, nato pa v majhnih količinah iztiska v tanko črevo;
- leži neposredno za jetri, večji del v levi polovici trebušne votline;
- zgradba in delovanje prilagojena načinu prehrane:
  - mesojedi, konj in prašič - enovotlinski želodec → **monogastrične živali** (monogastridi),
  - prežvekovalci - iz več votlin → **poligastrične živali** (poligastridi).

195

## Zgradba enovotlinskega želodca

### Žlezna sluznica želodca:

- oblikuje visoke gube, vmes želodčne jamice;
- celice želodčne sluznice:
  - glavne → pepsin (proteolitični encim),
  - parietalne → solna kislina (HCl),
  - sluzne → sluz,
  - G-celice → hormon gastrin.



196

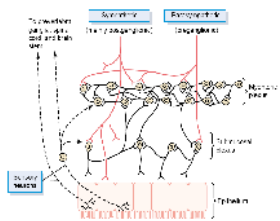
### 3.1 PREBAVNI PROCESI V ŽELODCU

- **Glavne naloge želodca:**
  - začasno skladiščenje hrane → razmeroma hitro zaužitje večjih količin krme, ki se kasneje počasi prebavlja;
  - začetek razgradnje hranilnih snovi, predvsem beljakovin;
  - oblikovanje himusa;
  - pomoč pri resorpciji vitamina B<sub>12</sub>;
  - bakterična vloga (HCl).
- **Procesi prebave v želodcu:**
  - motorika (polnjenje, mešanje, praznjenje),
  - izločanje (želodčni sok),
  - kemična razgradnja hrane.

197

### 3.1.1 Gibanje (motorika) želodca:

- **živčni nadzor:**
  - živčna pleteža (Meissnerjev in Auerbachov) v steni želodca
  - vegetativni živčni sistem:
    - parasimpatikus (*n. vagus*) → pospešuje
    - simpatikus → zavira
- **črvesni hormoni:**
  - gastrin in
  - holecistokinin



199

### A) Polnjenje želodca

- **plastični tonus** → želodec prilagaja obliko in prostornino napolnjenosti oziroma količini vsebine, pri tem se notranji tlak bistveno ne spreminja;
- trdna hrana se nalaga slojevito, v takem vrstnem redu, kot vanj prihaja (= **stratifikacija**);
- voda se z želodčno vsebino ne meša, prehaja med plastjo hrane in sluznico ob veliki in mali krivini naprej proti dvajanastrniku.

### B) Mešanje želodčne vsebine

- v želodcu stalno nastajajo peristaltični valovi:
  - potujejo od kardije proti pilorusu,
  - na področju pilorusa postanejo globlji in močnejši,
  - pilorusna mišica zapiralka je odprta,
  - ko pride peristaltični val do nje, se refleksno zapre → hrana se dobro premeša.

199

## C) Praznjenje želodca:

- kontinuiran proces, pri katerem majhne količine hrane neprestano prehajajo iz želodca v dvanajstnik;
- hitrost praznjenja - odvisna od:
  - količine in sestave želodčne vsebine (pH < 3, beljakovine, maščobe → zavirajo praznjenje);
  - vrste živali (pri psu - se popolnoma izprazni, pri konju in prašiču - v želodcu tudi do 24 ur);
  - lastnosti hrane (konsistenca, osmotski tlak, viskoznost, volumen in pH),
  - fiziološkega ali patološkega stanja živali.
- **sestava himusa** → osmoreceptorji in kemoreceptorji v dvanajstniku → preko hormonalnega in živčnega sistema → refleksno zapiranje mišice zapiralke pilorusa = **enterogastrični refleks**.

200

## Bruhanje:

- refleksno praznjenje vsebine želodca skozi požiralnik in ustno votlino;
- **fiziološki proces**:
  - odstranjevanja neprebavljenih in neprebavljivih delov hrane;
  - hranjenje mladičev (nekateri vrste ptic in zveri);
- **bolezenski proces**:
  - zavračanje strupenih ali škodljivih snovi;
- razmeroma pogosto in enostavno: mesojedi, prašiči;
- redko in precej težko: konji (težka bolezenska stanja!)
- uravnavanje - **center za bruhanje** (v podoljšani hrbtenjači):
  - periferno draženje - receptorji (prebavila, notranji organi ...)
  - centralno draženje - neposredno - center.

201

## 3.1.2 Izločanje želodčnega soka

- želodčni sok: produkt celic želodčne sluznice;
- **Lastnosti**:
  - tekočina brez barve (motna), brez vonja;
  - pH - kisla: mesojedi < 1, konj ~ 6,8;
- **A) Sestava želodčnega soka**
- anorganske spojine:
  - solna kislina (HCl): izločanje - parietalne celice želodčne sluznice; vloge:
    - aktivacija pepsinogena → pepsin;
    - denaturacija beljakovin;
    - raztapljanje netopnih soli (npr. Ca, Fe);
    - bakteriocidna (nizek pH);
  - ostale sestavine: voda, soli ...;

202

### • organske spojine:

- **encim pepsin**: izločanje - glavne celice želodčne sluznice;
  - delovanje: optimalni pH = 1,8 do 3,5 (HCl!);
  - vloga: glavni proteolitični ferment želodčnega soka → hidroliza beljakovin (razen protaminov, keratina in mucina) → peptidi;
- **encim himozin**: sesne živali - koagulacija (= sirjenje) mleka;
- **sluz (mukus)**: izločanje - sluzne celice želodčne sluznice;
  - prekriva površino želodčne sluznice;
  - ščiti pred škodljivim delovanjem HCl in pepsina

203

## B) Urejanje izločanja želodčnega soka:

- **kemični dejavniki** - vpliv sestavin hrane na kemoreceptorje;
- **mehanični dejavniki** - pritisk vsebine želodca na mehanoreceptorje v sluznici;
- **živčni dejavniki**:
  - lokalni živčni pletež in
  - vegetativni živčni sistem (parasimpatikus pospešuje, simpatikus zavira);
- **hormonalni dejavniki** - enterohormon gastrin.

204

## C) Načini izločanja želodčnega soka

- **mesojedi in primati**:
  - želodčni sok se izloča občasno (intermitentno)
  - prekinitve pred in med hranjenjem;
- **večina rastlinojedov**:
  - želodčni sok se izloča stalno (kontinuirano),
  - v času hranjenja in po njem - izločanje pospešeno.
  - pri teh živalih se želodec le redko popolnoma izprazni;

205

### Faze izločanja želodčnega soka (pri intermitentnem izločanju):

- možganska (cefalična) faza (= refleksna) - ob začetku hranjenja:
  - dotik hrane z ustno sluznico, gledanje in vonjanje hrane, zaznava zvokov, barv, dogodkov → sprožanje refleksov → začetek izločanja želodčnega soka;
- želodčna (gastrična) faza (= kemična):
  - ko hrana vstopi v želodec: raztezanje stene, kemično draženje sluznice → vzdraženje avtonomnega NS → izločanje acetilholina, gastrina → intenzivno izločanje želodčnega soka in mešanje želodčne vsebine;
- črevesna (duodenalna) faza (= kemična):
  - ko vsebina želodca pride v dvanajstnik → raztezanje stene, kemično draženje sluznice → vzdraženje avtonomnega NS → izločanje črevesnih hormonov → zaviranje izločanja želodčnega soka (enterogastrični refleks).

206

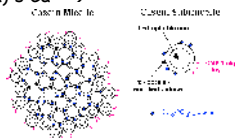
### 3.1.3 Biokemični procesi razgradnje hrane v želodcu:

- Potekajo pod vplivom delovanja encimov iz:
  - sline (amilaza);
  - želodčne sluznice (pepsin, himozin);
  - mikroorganizmov in hrane;
- Glede na to - 3 faze kemične razgradnje v želodcu:
  - amilolitična: pod vplivom amilaze (iz sline) → škrob in drugi OH;
  - aktivna, dokler se vsebina ne zakisli oz. se ne razgradi pod vplivom pepsina;
  - amilo-proteolitična: OH in beljakovine;
  - proteolitična faza: beljakovine;

207

### Koagulacija (sirjenje) mleka:

- vpliv himozina (labfermenta):
  - cepitev vrhnje plasti ( $\kappa$  - frakcija kazeinske micelle →
  - reakcija  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  frakcij (jedra) s  $\text{Ca}^{2+}$  →
  - polimerizacija micel →
  - nastanek netopnega mlečnega
  - koaguluma (= sir).
- Kisanje mleka:
  - izoelektrična točka kazeina pri pH = 4,6;
  - padec pH < 4,6 → obarjanje kazeina (= skuta);



208

### 4 PREBAVA V PREDŽELODCIH PREŽVEKOVALCEV

209

### Biološke značilnosti prežvekovalcev:

- hrano prežvekujejo - po hranjenju se vrača v ustno votlino, kjer se prežveči in zdrobi;
- v predželodcih se hrana prebavlja s kemičnimi procesi, ki jih omogočajo encimi simbiotskih mikroorganizmov = mikrobna fermentacija.

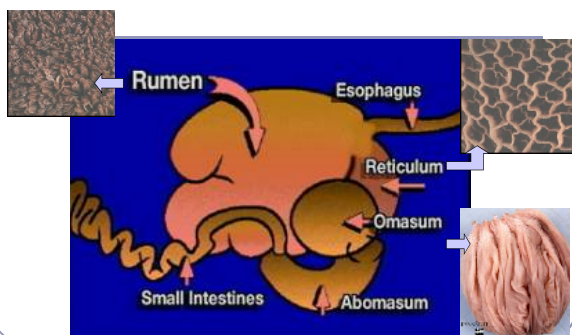
210

### V vampu se morajo vzdrževati pogoji za pravi potek fermentacije:

- stalna oskrba s substratom (jemanje hrane)
- vzdrževanje temperature
- vzdrževanje osmolarnosti
- odstranjevanje odpadnih snovi
- vzdrževanje pH
- vzdrževanje števila mikrobov;
- Omogočajo jih:
  - splošni mehanizmi uravnavanja homeostaze,
  - specifična gibanja vampa in kapice,
  - direktna absorpcija hlapnih maščobnih kislin,
  - produkcija velikih količin slin.

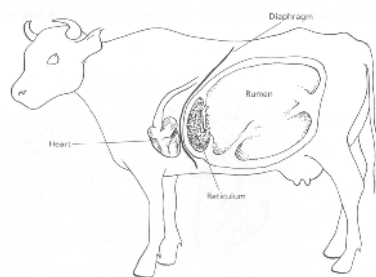
211

#### 4.1 ZGRADBA PREDŽELODCEV



212

#### Relativen položaj srca glede na kapico



213

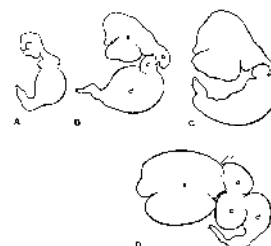
#### Razvoj predželodcev in siriščnika:

- zaradi sprememb v prehrani prežvekovalcev (prehajanje z mleka na voluminozno krmo) → v prvih tednih življenja spremembe v obliki in prostornini posameznih delov želodca:
  - najbolj očitne na vampu in siriščniku,
  - pri novorojenem teletu: siriščnik 2-krat večji od vampe in kapice,
  - pri postopnem prehodu na rastlinsko krmo vamp raste hitreje kot siriščnik,
  - pri odrasli živali - razmerje med vampom in siriščnikom 9 : 1.
- glede na razvoj predželodcev in s tem v zvezi tudi spremembe v prebavi - v razvoju prežvekovalcev tri obdobja:
  - neprežvekovalsko obdobje: od rojstva do tretjega tedna življenja (žival se hrani pretežno z mlekom),
  - prehodno obdobje: od 3. do 8. tedna (žival prične poleg mleka jesti tudi voluminozno hrano),
  - prežvekovalsko obdobje: od 8. tedna dalje (žival konzumira voluminozno, bogato z vlakninami).

214

#### Relativna velikost predželodcev in siriščnika pri govedu različne starosti

- A – 3 dnevi;
- B – 4 tedni
- C – 3 meseci
- D – odraslo govedo
- a – vamp
- b – kapica
- c – prebiralnik
- d – siriščnik



215

#### 4.2 MEHANIČNI PROCESI PREBAVE PRI PREŽVEKOVALCIH

- bistveni za nemoten potek fermentacije:
  - polnjenje in praznjenje,
  - gibanje (motorika) predželodcev,
  - mešanje vsebine,
  - izrigavanje plinov (ructus) in
  - prežvekovanje (ruminatio).

216

#### 4.2.1 Polnjenje vampe in razporeditev vsebine:

- hrana se v vampu kopiči na osnovi gostote:
  - sveže pogoltnjena krma → plava na površini;
  - kasneje - delci postanejo težji (razpadejo, se prepojijo s tekočino, zračni mehurčki izidejo).
- v vampu - tri osnovne plasti vsebine:
  - spodnji del - tekoča plast (dobro prebavljeni, manjše in težje delce); zgornji del tekoče plasti je zdrizast;
  - v sredini - plast lažjih, trdnih in slabo prebavljenih delcev vlaknine;
  - zgoraj - mehur plinov (nastajajo ob fermentaciji vavpove vsebine).

217

### Polnjenje vampa in razporeditev vsebine:

- plasti - zaradi različne gostote delcev:



218

### Tujki:

- težki, kovinski predmeti - pogosto ostanejo v kapici;
- če so ostri (npr. žebli, koščki žice), se lahko zaradi krčenja kapice zapirajo v njeno steno → jo prebodejo;
- lahko poškodujejo jetra, skozi trebušno prepono pa prodrejo celo v prsno votlino → poškodujejo pljuča, osrčnik ali srce.
- hude prebavne motnje in težka vnetja prizadetih organov (travmatski retikuloperitonitis);
- iz kapice jih je mogoče operacijsko odstraniti.

219

### 4.2.2 Gibanje predželodcev

- poteka neprestano, vse življenje;
- pomen:**
  - mešanje vsebine,
  - izrigavanje plinov,
  - potovanje hrane iz enega predželodca v drugega,
  - vračanje v ustno votlino (prežvekovanje).
- se ponavljajo v točno določenem zaporedju - ciklično = **revolucija predželodcev**

220

### Gibanje vampa in kapice (revolucija predželodcev):

- frekvenca krčenja:** ~ 10 v 5 min.
  - govedo 7 - 12,
  - drobnica 7 - 14;
  - slišimo jih kot vampove šume
- tipi krčenja:**
  - primarna → mešanje hrane, ločitev grobih in drobnih delcev;
  - sekundarna → izrigavanje plinov;

221

#### Primarna krčenja:

#### funkcija:

- mešanje vampove vsebine
- ločevanje delcev glede na velikost

#### potek:

- začetek - z dvojnimi (bifaznim) krčenjem kapice:
  - 1. skrčenje na približno polovico velikosti;
  - 2. popolno skrčenje → vsebina se iztisne v zadnja področja vampove vreče;
- sledi:
  - krčenje zgornje vampove vreče (v smeri nazaj);
  - krčenje spodnje vampove vreče (v smeri nazaj);
  - krčenje spodnje vampove vreče (v smeri naprej);

222

#### Sekundarna krčenja:

- funkcija: omogoča izrigavanje plinov (ruktus);
- potek:
  - krčenje zadnje zgornje vampove vreče v smeri naprej;
  - hkrati - sproščanje kranialne dorzalne vreče;
- posamezni ruktus odstrani do 6 L plina (pri govedu);
- frekvenca izrigavanja 1 - 2 /min.

223

## Urnnavanje gibanja vampa:

- **refleksni lok:**
  - center v možganskem deblu,
  - receptorji:
    - v vampovi steni:
      - mehanoreceptorji (raztezanje stene, konzistenca vsebine)
      - kemoreceptorji (pH vsebine; normalno 5,5 - 6,8):
      - osmoreceptorji
    - **V CNS**
      - kemoreceptorji (koncentracija glukoze v krvi)
  - motorična živčna vlakna - vagus

224

## Vplivi na motoriko vampa:

- **napolnjenost vampa:**
  - zmerna pospešuje gibanje, razgradnjo delcev in prehod hrane skozi vamp.
  - močna (napenjanje, prenažrtje → gibanje vampa zavirajo).
- **konzistenca vsebine (odvisna od vrste krme):**
  - sočne rastline, zrna ali sesekljana hrana → šibek dražljaj → gibanje počasno;
  - vlaknata hrana → močan dražljaj → pospešeno gibanje.
- **pH vampove vsebine (rahlo kisel - pH = 5,5 do 6,8).**
  - $\text{pH} < 5$  → upočasnjuje gibanje vampa (→ zmanjšano nastajanje maščobnih kislin)
- **periferni dejavniki - koncentracija glukoze krvi:**
  - padec → pospeši vampovo motoriko,
  - naraščanje → zavira vampovo motoriko.

225

## 4.2.3 Prežvekovanje:

- vračanje hrane v ustno votlino, ponovno drobljenje hrane → mehanična razgradnja;
- **urnnavanje:** center za prežvekovanje (v podaljšani hrbtenjači);
- **pri teletih in jagnjetih** - se začne v 2. oziroma 3. tednu življenja;
- nastopi 1/2 do 1 h po hranjenju (miren prostor, leže);
- **govedo - dnevno prežvekuje :**
  - 7 - 8 ur,
  - 8 -14 period (posamezna 1 min do 1 h)
  - prežveči 40 - 60 kg vsebine

226

## Faze prežvekovanja:

- **vračanje hrane v ustno votlino (reejekcija):**
  - nastanek podtlaka v prsni votlini in v požiralniku;
  - pregrada med vampom in kapico se dvigne, kapica se skrči;
  - refleksno odpiranje požiralnika → vampova vsebina vstopi v požiralnik → peristaltični val → ustna votlina;
- **ponovno žvečenje (remastikacija),**
- **ponovno slinjenje (resalivacija),**
- **ponovno požiranje (redegluticija),**
  - zadnji 3 procesi - identični kot pri neprežvekovalcih

227

## 4.2.4 Refleks izrigavanja plinov (ruktus):

- odstranjevanje plinov, ki nastanejo med biokemičnimi procesi v vampu,
- **nastanek refleksa:**
  - vzdraženje mehanoreceptorjev v sluznici vampa (vlaknina ali raztezanje stene pod pritiskom plinov) → krčenje zgornje vampove vreče → plini se iztisnejo v požiralnik → žrelo;
  - žival pline najprej vdihne v pljuča in šele nato odstrani z izdihanim zrakom.
- **volumen izriganih plinov:**
  - odraslo govedo: 30 do 50 L/h, ovca: 5 L/h.
- **pri govedu: ruktus ~ vsakih 30 do 60 sek, ~ 6L;**

228

## Nastanek plinov:

- **pri procesih fermentacije v vampu:**
  - **CO<sub>2</sub>** (20 - 70 vol. %):
    - dekarboksilacija OH, AK;
    - iz bikarbonatov sline;
  - **CH<sub>4</sub>** (30-45 vol. %)
    - $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  (metanogene bakterije)
  - **H<sub>2</sub>** - v sledovih (porabi se za sintezo metana!)
  - **H<sub>2</sub>S** (v sledovih):
    - večje količine pri gnilobnih procesih!

229

### Napenjanje (timpanija):

- če se plini iz vampa ne odstranijo → tlak v vampu naraste → vampove vreče se prekomerno raztegnejo;
- primarna timpanija - če se plini ujamejo v mehurčke pene, ki jih ni mogoče izrigati (mlade metuljnice ali trava z veliko beljakovin → penjenje),
- sekundarna timpanija - če žival plina ne more izrigati zaradi mehaničnih ovir v požiralniku ali motenj v gibanju vampa in kapice
  - Prežvekovalci tudi ne morejo izrigavati plinov, če ležijo na hrbtu!



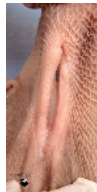
230

- Ne glede na vzrok: pritiskanje prekomerno povečanega vampa na organe trebušne in prsne votline → pretok krvi v teh organih je oviran, pritisk na trebušno prepono omejuje dihanje → pogin zaradi zadušitve;
- preprečevanje timpanije - s primernim načinom paše ali krmljenja prežvekovalcev:
  - na pašnikih metuljnice mešamo s travami,
  - pred mlado pašo živali nakrmimo s senom,
  - koncentrate vedno krmimo s senom ali slamo,
  - zrnje vedno dajemo zdrobljeno ali stisnjeno, ne pa zmleto.

231

### 4.2.5 Refleks zapiranja želodčnega žleba:

- **želodčni žleb** - sluznična struktura z gladkimi mišicami;
- pri sesnih živalih:
  - omogoča, da mleko steče iz požiralnika direktno v sirišnik;
  - center v možganskem deblu vzburi dražljaji iz žrela:
    - sesanje - mleko
    - nekatere raztopine ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CuSO}_4$ , glukoza);
  - **zaviranje refleksa** - pitje (hladna tekočina) → razlitje po vampu → prebavne motnje;
  - **odrasle živali** - refleks ugasnjen (razen pitje vode ob hudi žeji);



232

### 4.3 KEMIČNI PROCESI PREBAVE V PREDŽELODCIH

- osnovni mehanizem prebave v predželodcih - delovanje encimov mikroorganizmov = **mikrobna fermentacija**:
  - prebava celuloze in drugih substratov,
  - sinteza visokovrednih beljakovin in beljakovin iz nebeljakovinskih snovi ter
  - resinteza vitaminov.
- s fermentacijo prežvekovalci pridobivajo energijo iz **celuloze** in ostalih sestavin rastlinskih celic, ki jih mesojedi in vsejedi (večinoma) ne morejo izkoristiti.

233

### 4.3.1 Mikroorganizmi v predželodcih

- osnovni mehanizem prebave v predželodcih - razgradnja hrane ob delovanju encimov mikroorganizmov:
  - bakterije (vampova mikroflora),
  - glivice (vampova mikroflora),
  - protozoji (vampova mikroflora);
- mikroorganizmi - visoka stopnja prilagojenosti na:
  - relativno visoko temperaturo,
  - nevtralni pH,
  - anaerobne pogoje,
  - intenzivnost biokemičnih procesov.

234

### A) Bakterije

- ~ 60 različnih vrst:
  - večinoma - nesporogeni anaerobi,
  - v manjši meri - aerobi;
- število:  $15 - 80 \times 10^9$  / mL vampove tekočine;
  - vpliv - sestava hrane (več - zelena krma).
- vloga:
  - razgradnja celuloze, OH, beljakovin, maščob;
  - sinteza metana, amoniaka, vitaminov.



235

## B) Protozoji

- ~ 160 vrst;
- velikost: 20 - 200  $\mu\text{m}$ ;
- število:
  - ~  $1-3 \times 10^6/\text{mL}$  v ampove tekočine;
  - ~ 50% mase vseh mikroorganizmov;
  - vpliv na število - sestava hrane;
- pomen:
  - sinteza beljakovin (rastlinske v živalske  $\rightarrow$  povečana biološka vrednost beljakovin);
  - prenos esencialnih maščobnih kislin,
  - mešanje hrane.



236

## C) Glivice

- sinteza nekaterih AK in drugih N spojin,
- sinteza vitaminov,
- potrošniki kisika (ustvarjajo anaerobne razmere).
- Neugodni pogoji v vampu - drastično lahko vplivajo na mikrobe:
  - manjši padec pH v ampove vsebine (okoli pH 5), npr. zaradi konzumacije velikih količin topnih ogljikovih hidratov  $\rightarrow$  uničenje populacije protozojev (niso prilagojeni na kislno okolje);
  - če pH pade pod 5  $\rightarrow$  lahko propadejo vsi v ampovi mikrobi  $\rightarrow$  usodne posledice za gostitelja.

237

## 4.3.2 Prebava ogljikovih hidratov (OH)

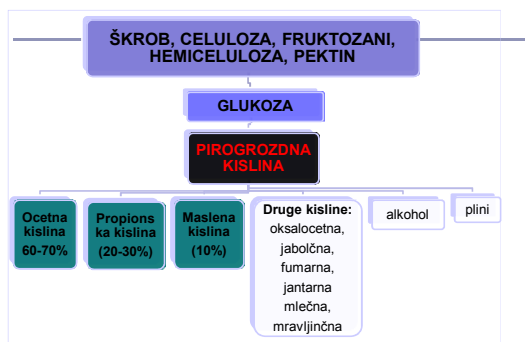
- ko OH vstopijo v vamp - razgradnja pod vplivom hidrolitičnih mikrobnih encimov:
  - škrob (amilaza)  $\rightarrow$  maltoza (maltaza)  $\rightarrow$  glukoza
  - pektini  $\rightarrow$  uronske kisline  $\rightarrow$  glukoza
  - hemiceluloze (hemicelulaze)  $\rightarrow$  pentoze, metilpentoze, heksoze, glukuronske kisline,
  - saharoza (saharaza)  $\rightarrow$  fruktoza + glukoza,
  - fruktozani  $\rightarrow$  fruktoza  $\rightarrow$  glukoza;
- produkti razgradnje se takoj vključijo v presnovne procese mikrobov:
  - glukoza vstopi v glikolitični proces (enako kot v celicah sesalcev): 1mol glukoze  $\rightarrow$  2 mola piruvata + 2 mola ATP

238

- piruvat (piruvična kislina)  $\rightarrow$  nižje (hlapne) maščobne kisline (volatile fatty acids - VFA):
  - največji delež: očetna (50 - 70%), propionska in maslena:
    - razmerje 70 : 20 : 10 - krma bogata z vlaknino;
    - razmerje 60 : 30 : 10 - krma bogata z žiti
  - manjši delež: mlečna, mravljinčna, valerianska, oksalocetna (vmesni produkti)
- krma z visoko vsebnostjo škroba: skupna količina VFA višja kot pri krmljenju s krmo, bogato z vlakninami
- stranski produkti:  $\text{CO}_2$ , alkoholi in druge snovi
- večina snovi, ki nastane v procesih razgradnje OH, se resorbira v kri skozi stene predželodcev

239

## Procesi razgradnje OH v vampu



240

## Pomen hlapnih maščobnih kislin za gostitelja:

- končni (odpadni) produkti bakterijske presnove (anaerobne);
- hkrati so najpomembnejši energetski vir za gostitelja - vsebujejo kemično energijo (60 - 80% energije HS) - imajo podobno vlogo kot glukoza pri vsejedi;
- kopičenje hlapnih MK v vampu lahko povzročilo padec pH  $\rightarrow$  zaustavitev fermentacije;
- padec pH v vampu preprečuje gostitelja:
  - s pufersko aktivnostjo (sline),
  - z odstranjevanjem hlapnih MK iz vampa z absorpcijo (bistvena vloga - epitelij predželodcev);

241

#### 4.3.3 Prebava beljakovin

- večina beljakovin - prehajanje v mikroorganizme:
  - razgradnja na AK (bakterijske proteaze in peptidaze);
  - poraba AK za graditev telesa (predvsem protozojev);
  - velika količina AK - dezaminacija → nižje maščobne kisline (vir E);
- mikrobi lahko sintetizirajo beljakovine tudi iz neproteinskega dušika (amoniak, sečnina, nitrati);
- mikrobi in njihove beljakovine se prebavijo v siriščniku!

242

#### Hepatoruminalno kroženje amoniaka (dušika, sečnine)

- pri prežvekovalcih: ob deaminaciji endogenih AK → nastajanje amoniaka ( $\text{NH}_3$ ) → se absorbira iz vampa;
  - sinteza povečana ob presežku beljakovin nad energijo (v krmi);
- $\text{NH}_3$  po portalnem krvnem sistemu prehaja v jetra → nastanek sečnine [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ] → v kri;
- če je v vampu presežek  $\text{NH}_3$  (v primerjavi z OH):
  - koncentracija uree v krvi naraste → urea se izloča z urinom (izguba dušika!);
- če je v predželodcih presežek OH (v primerjavi z  $\text{NH}_3$ ):
  - urea iz krvi s slino prehaja v vamp →  $\text{NH}_3 + \text{CO}_2$  (bakterijska ureaza);
  - $\text{NH}_3$  se porabi za sintezo aminokislin (*de novo*) z vezavo na kisline nastale pri prebavi ogljikovih hidratov (piruvat);
- ob nizki preskrbi z dušikom se na ta način lahko ponovno izkoristi  $\text{NH}_3$ , ki je produkt razgradnje endogenih beljakovin in se pri monogastričnih živalih izgubi;

243

#### 4.3.4 Prebava maščob:

- maščob v hrani prežvekovalcev malo;
- izjemoma - pri krmljenju z odpadki pridelave olja;
- razgradnja:
  - glicerol → propionska kislina +  $\text{H}_2\text{O}$
  - višje maščobne kisline:
    - resorpcija v tankem črevesju;
    - razgradnja v nižje MK ( $\beta$ -oksidacija);

244

#### 4.4 PREBAVA V PREBIRALNIKU

- v prebiralniku se hrana ne prebira,
- delci prehajajo med liste prebiralnika → iztisne se tekočina → siriščnik;
- vsebina med listi se osuši in zaradi medsebojnega gibanja listov tudi zdrobi;
- voda se resorbira in skupaj z drugimi vodotopnimi snovmi (maščobne kisline) preide v kri.

245

#### 4.5 PREBAVA V SIRIŠČNIKU

- procesi gibanja, izločanja prebavnega soka, sestava soka in procesi prebave podobni kot pri enodelnem želodcu.
- propadejo in razgradijo se mikroorganizmi, razgradnja njihovih beljakovin poteka pod vplivom HCl in pepsina.

246

#### 5 PREBAVA V ČREVESU

247

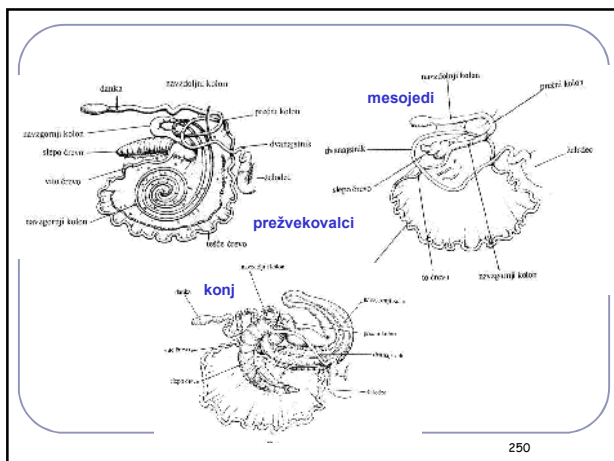
- v črevesu: nadaljevanje prebavnih procesov v želodcu, predželodcih, siriščniku;
- mesojedi, vsejedi, večina rastlinojedov - najvažnejši del črevesne prebave v tankem črevesju;
- kopitarji, glodavci - življenjsko pomembni procesi v debelem in slepem črevesju.

248

## 5.1 ZGRADBA ČREVESA

- **tanko črevo:**
  - dvanaestnik (duodenum) - vanj se izliva žolčevod in izvodilo trebušne slinavke;
  - tešče črevo (jejunum) - najdaljši odsek tankega črevesa; zelo gibljivo;
  - vito črevo (ileum) - kratek končni del;
- **debelo črevo:**
  - slepo črevo (cecum) - začetni del, ki se slepo končuje;
  - kolon (debelo črevo v ožjem pomenu) - navzgornji, prečni in navzdolnji:
    - mesojedi - enostaven potek in oblika,
    - ostale vrste - razlike v položaju in obliki navzgornjega kolona;
  - dank (rektum) - v medenični votlini, ampulasto razširjena,
  - zadnjak (anus) - končni del črevesa, odprtino zapirata zunanja in notranja zadnjikova zapiralka.

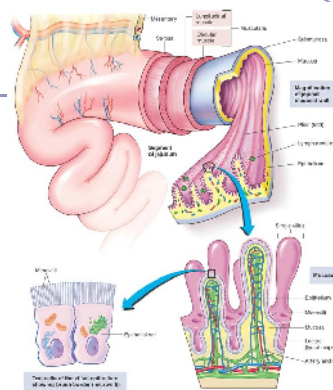
249



250

## Stena črevesa

- **tanko črevo:**
  - črevesne resice:
  - epitelij sprednjega dela - enterociti (celice, odgovorne za absorpcijo hranljivih snovi);
  - v kavdalni smeri - vedno več vrčastih celic (izločajo sluz);
- **debelo črevesa:**
  - sluznica - črevesne žleze, ni resic;
  - prašič, konj - trakovi muskulature oblikujejo steno v mošnjice (haustre).



251

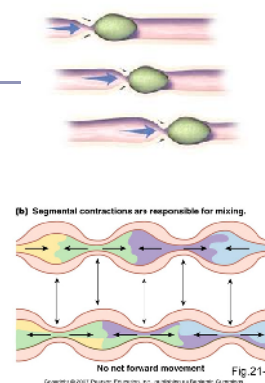
## 5.2 ČREVESNA MOTORIKA

- krčenje in gibanje prebavne cevi - sestavni del prebavnih procesov;
- **vloge:**
  - mešanje vsebine (himusa) s prebavnimi sokovi,
  - enakomerna razporeditev prebavnih encimov,
  - potiskanje vsebine proti zadnjim predelom črevesa,
  - praznjenje črevesa.
- **Urejanje črevesne motorike:**
  - Vpliv VNS na črevesne gibe:
    - parasimpatikus pospešuje črevesno gibanje
    - simpatikus zavira črevesno gibanje
  - Peristaltični refleksi:
    - vzdraženje receptorjev v črevesni sluznici,
    - prenos dražljajev preko enteričnega živčnega sistema,
    - krčenje gladke muskulature črevesa,

252

## Oblike gibanja črevesa:

- **peristaltični gibi (najbolj značilni):**
  - krčenja krožne muskulature, kot valovi proti koncu prebavne cevi (aboralno).
  - vsebino premikajo naprej.
- **segmentacijski gibi:**
  - mešanje vsebine:
  - zaporedna krčenja in sproščanja krožne muskulature,
- **pendulacijski (nihajoči) gibi:**
  - mešanje vsebine,
  - izmenično krčenje in sproščanje vzdolžne muskulature.



253

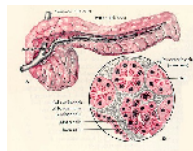
### 5.3 ZNAČILNOSTI PREBAVE V TANKEM ČREVESU:

- izločanje prebavnih sokov:
  - žolč,
  - sok trebušne slinavke in
  - črevesni sok,
- encimska razgradnja snovi, ki so pri prebavi v želodcu ostale kemično nespremenjene ali delno razgrajene,
- resorpcija hranilnih snovi, vode, mineralnih snovi in vitaminov v kri,

254

#### 5.3.1 Prebavni sokovi v tankem črevesu A) Pankreasni sok = sok trebušne slinavke:

- izločanje: eksokrini del trebušne slinavke (režnjiči žleznega tkiva);
  - endokrini del (Langerhansovi otočki) → izločanje peptidnih hormonov (insulin, glukagon);
- faze izločanja:
  - živčna, želodčna - hkrati z izločanjem želodčnega soka;
  - črevesna - pod vplivom enterohormonov sekretina in holecistokina;



255

### Encimi pankreasnega soka in njihovo delovanje:

- za razgradnjo beljakovin (proteolitični):
  - tripsin (proencim tripsinogena);
  - himotripsin (proencim himotripsinogen, aktivator tripsin);
  - karboksipeptidazi A in B;
  - elastaza (razgrajuje predvsem elastin)
- za razgradnjo OH (amilolitični):
  - amilaza (škrob, glikogen → maltoza);
  - maltaza (disaharid maltoza → glukoza);
  - amilopektin 1-6 glukozidaza;
- za razgradnjo nukleinskih kislin:
  - polinukleaze (deoksiribonukleotidaza, ribonukleotidaza);
  - mononukleaza;
  - nukleozidaza;
- za razgradnjo maščob (lipolitični):
  - lipaza (maščobe → glicerol + maščobne kisline);
  - olesterol-esteraza,
  - fosfatidazi A in B.

256

### B) Žolč

- izloček jetrnih celic (hepatociti);
- zbira se v žolčniku (žolčni mehur) → koncentriranje (resorpcija vode);
  - žolčnika nimajo - konj, jelen, žirafa, kamela, slon, podgana, hrček, golob → žolč se izliva neposredno v dvanajstnik
- grenkega okusa (žolčne kisline!)
- sestava:
  - anorganske sestavine (voda, soli)
  - organske sestavine (mucini (= sluzi), žolčne kisline, žolčna barvila),
  - edini prebavni sok, ki ne vsebuje encimov

257

### C) Črevesni sok

- proizvod žlez sluznice dvanajstnika in težčega črevesa;
- uravnavanje izločanja:
  - lokalno - mehnični dražljaji na črevesno steno;
  - hormonalno - sekretin, holecistokinin (pospešujeta izločanje);
  - NS (parasimpatikus ↑, simpatikus ↓)
- pH 7 - 8,5
- sestava:
  - voda - 98 %, soli - 1 %,
  - organske sestavine - 1 % (encimi, mucini, beljakovine.)

258

### Encimi črevesnega soka:

- amilaza (manj aktivna od pankreasne)
- α-glukozidaza:
  - maltoza → 2 glukozi
  - saharoza → glukoza + fruktoza
- β-galaktozidaza (galaktoza → glukoza + galaktoza);
- lipaza (manj aktivna kakor pankreasna)
- fosfatidaze (delujejo enako kakor pankreasne)
- aminopeptidaza, dipeptidaza, prolinaza in prolidaza (hidroliza polipeptidov, dipeptidov → AK)
- nukleaze (delujejo podobno kakor pankreasne)
- enteropeptidaza (aktivator tripsina in s tem drugih proteolitičnih pankreasnih encimov)

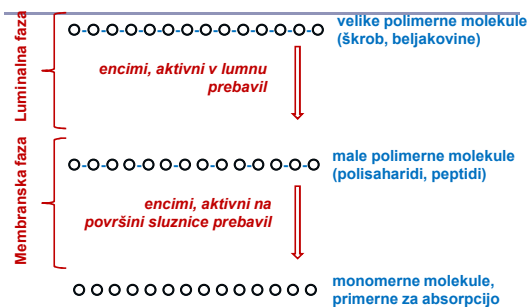
259

### 5.3.2 Kemični procesi prebave v tankem črevesju

- vsebina v dvanajstniku = himus
- faze prebave:
  - luminalna prebava:
    - v svetlini (lumnu) črevesja;
    - encimi, izločeni s prebavnimi sokovi, predvsem pankreasni;
  - membranska (muralna) prebava:
    - na stenah sluznice črevesja;
    - encimi, ki so sestavni del membrane → prenos produktov razgradnje v enterocite;

260

### Faze prebave v tankem črevesu:



261

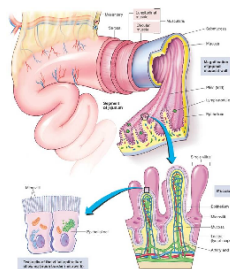
### Razgradnja hranilnih snovi v tankem črevesu:

- Razgradnja beljakovin:
  - proteolitični encimi → aminokisline
- Razgradnja ogljikovih hidratov:
  - nastanek monosaharidov: glukoza, saharoza in fruktoza
- Razgradnja maščob:
  - acilgliceroli → glicerol in maščobne kisline;
  - estri holesterola → holesterol in fosfolipidi
- Razgradnja nukleoproteinov:
  - nukleoproteini → nukleozidi → purinske in pirimidinske baze, pentoze

262

### 5.3.4 Črevesna resorpcija

- prehajanje snovi skozi črevesno steno v kri;
- največji del HS in vode - v dvanajstniku in teščem črevesu;
- sluznica tankega črevesa - več nivojev adaptacij (povečana P endotela → povečana absorpcijska P črevesa ~ 500-x):
  - sluznične gube,
  - črevesne resice - na vsej P:
  - mikrovili enterocitov.



263

### Resorpcija HS v tankem črevesu:

- OH - monosaharidi:
  - pasivni prenos (fruktoza, manosa, ksiloza, arabinoza)
  - aktivni prenos - skupaj z Na, K, Cl (glukoza in galaktoza);
- proteini: odrasli sesalci - ne prehajajo skozi črevesno steno;
  - mladiči - resorpcija (endocitoza) kolostralnih beljakovin kratek čas po rojstvu (pribl. 24 ur)
- aminokisline - sekundarni aktivni prenos;
- maščobe in maščobne snovi: omogočajo jo žolčne kisline (brez njih samo 50 - 60 % resorpcija, sicer 97 %)
- vitamini:
  - v maščobah topni - enako kot maščobe;
  - vodotopni - z difuzijo.
- voda - osmoza
- mineralne snovi: aktivni ali pasivni prenos;

264

### 5.4 PREBAVA V DEBELEM ČREVESJU:

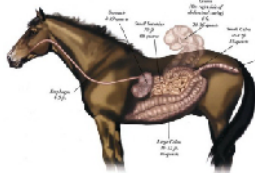
- kopitarji, kunci, zajci, nekateri glodalci - v slepem in začetnem delu debelega črevesja (kavdalni fermentatorji):
  - encimski procesi pod vplivom bakterij;
  - sinteza vitaminov,
  - gnilobni procesi
- mesojedi, vsejedi, večina rastlinojedov:
  - proces gnitja:
    - plini ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ );
    - aromatični alkoholi neprijetnega vonja, amini;
  - sinteza vitaminov B, K;

265

### 5.4.1 Prebavni procesi pri kopitarjih

- procesi v želodcu in tankem črevesju konja:

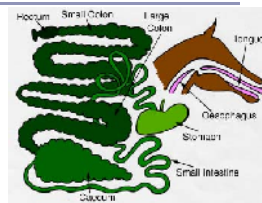
- vodotopni OH - delna prebava (ostane precej neprebavljenega škroba → slepo črevo);
- beljakovine - delna prebava;
- celuloza neprebavljena (nekoliko razmehčana).



266

- v debelem in slepem črevesju konja - mikrobnno delovanje → kemični procesi prebave podobni kot pri prežvekovalcih:

- nastajajo maščobne kisline (vir E), plini,
- aminokisline (na novo),
- kroženje sečnine (se izloča v slepo črevo in kolon) za sintezo novih aminokislin.



267

### 5.4.2 Resorpcija v debelem črevesu

- v debelem črevesu ni resic;
- mesojedi, vsejedi, neprežvekovalci - resorpcija slaba;
- kopitarji:
  - v kolonu - intenzivna resorpcija nižjih MK, AK in vitaminov, vode, mineralnih snovi;
  - slepem črevesu resorpcija slabša (vsebina mora ostati tekoča).

268

### 5.4.3 Defekacija (blatenje):

- zaključek procesa prebave; potek:
  - črevesna vsebina se kopiči v končni ampulasti razširitvi debelega črevesa,
  - pritiska na stene črevesja → vzdraži receptorje;
  - dražljaj → center za defekacijo (ledveni in križnični del hrbtenjače), višji centri v možganih → krčenje mišic trebušne stene (trebušna preša) → krčenje debelega črevesa → v področju pred zadnjikom se tlak zviša → vsebina (blato, feces) prične prehajati iz črevesja.

269

- sestava blata (iztrebkov, fecesa):

- neprebavljivi deli hrane (nanje prebavni encimi ne delujejo);
- neprebavljeni deli hrane (zaradi različnih vzrokov);
- neresorbirani delci hrane;
- bakterije in njihovi izločki;
- izločki črevesa (sluz, odmrle celice);
- izločki žlez;
- žolčna barvila.

- vonj - značilen zaradi produktov prebave in gnitja:

- pri mesojedih in vsejedih - neprijeten (prevladujejo gnilobni procesi),
- pri rastlinojedih - aromatičen (prevladujejo encimatski procesi).

270

### Dnevne količine fecesa in vsebnost vode:

| Vrsta    | Dnevna količina (kg) | Delež vode (%) |
|----------|----------------------|----------------|
| konj     | 15                   | 70 - 81        |
| govedo   | 15-45                | 75 - 85        |
| drobnica | 1-3                  | 65 - 75        |
| prašič   | 0,5-3                | 55 - 75        |

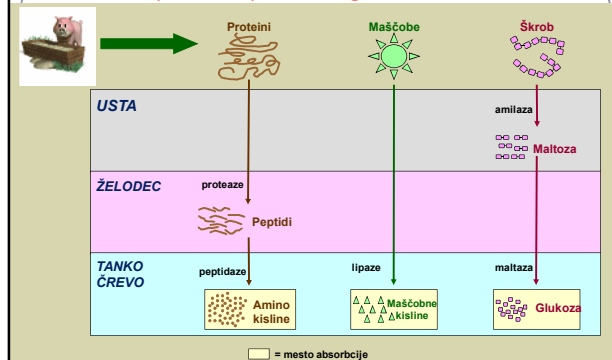
271

• **Mekonij:**

- feces novorojenih živali;
- sestavljen iz izločkov črevesja in prebavnih sokov;
- brez fekalnega vonja (ker v debelem črevesu feta ni bakterij).

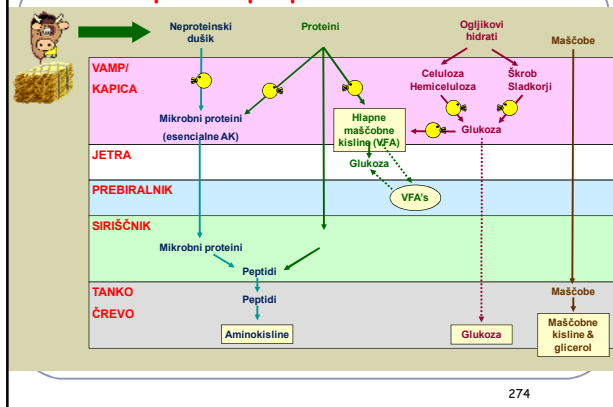
272

**Prebavni procesi pri monogastričnih**



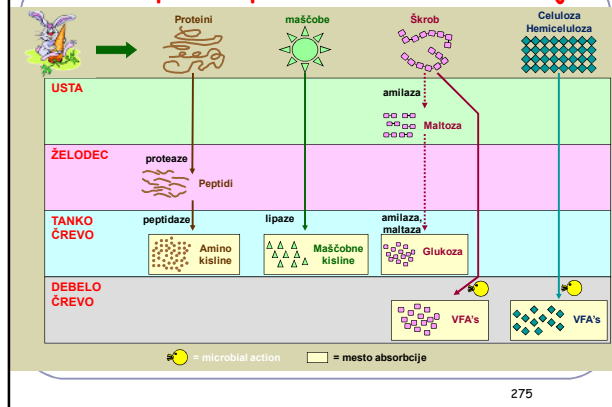
273

**Prebavni procesi pri prežvekovalcih**



274

**Prebavni procesi pri kavdalnih fermentatorjih**



275

**Primerjava različnih načinov prebave**

| Funkcija                                     | Monogastrični           | Prežvekovalci                                     | Kavdalni Fermentatorji  |
|----------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|
| Prebava in izkoriščanje energije iz celuloze | Omejeno (debelo črevo)  | Da (rumen/reticulum)                              | Da (debelo črevo)       |
| Direktno izkoriščanje sladkorjev krme        | Da (absorpcija glukoze) | Ne (fermentacija do VFA)                          | Da (absorpcija glukoze) |
| Direktno izkoriščanje proteinov krme         | Da                      | Omejena (večina se pretvori v mikrobnne proteine) | Da                      |
| Direktno izkoriščanje maščob iz krme         | Da                      | Nekaj (večinoma fermentacija v VFA)               | Da                      |
| Izkoriščanje mikrobnih proteinov             | Ne                      | Da (60-80% AK mikrobov)                           | Ne                      |

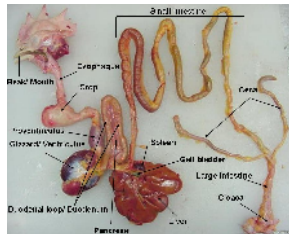
276

**6 PREBAVA PRI PERUTNINI**

277

### 6.1 Značilnosti prebavil pri perutnini:

- golša - nekatere vrste je nimajo;
- dvodelni želodec: žlezovnik + mlinček;
- dve slepi črevesi;
- kloaka (skupno izvodilo prebavil, izločal in rodil).



278

### 6.2 Hranjenje in pitje:

- **Jemanje hrane:**
  - kljun - oblika, dolžina, zavitost prilagojene načinom hranjenja;
  - kokoš: s konico kljuna prime deleč hrane in ga z gibom glave nazaj vrže proti žrelu
  - vodna perutnina: posnema hrano s površine vode → hrana se skupaj z vodo preceja skozi kljun,
- **Pitje:**
  - večina kopenskih ptic:
    - pomoči kljun v vodo in jo zajame,
    - dvigne glavo → tekočina steče v žrelo;
  - ostale vrste (golobi):
    - lahko pijejo brez dviganja glave;
    - mišice mehkega neba se krčijo → negativni tlak (podobno kot jezik pri sesalcih).

279

### 6.2 Prebava v golši:

- golša - vrečasta razširitev požiralnika;
- napolni se šele potem, ko se je napolnil želodec;
- kratkotrajno skladišče hrane (2 - 20 ur):
  - prepojitev vsebine s slino;
  - v manjši meri - razgradnja OH;
- praznjenje - močni površinski valovi stene;
- nekatere vrste (golobi, pingvini, flamingi):
  - sluznica izloča tekočino (podobna mleku sesalcev) → prehrana novoizvaljenih mladičev.

280

### 6.3 Prebava v želodcu:

- **Žlezni želodec:**
  - razmeroma majhen;
  - nastajanje želodčnega soka (HCl in pepsin), ki prepoji hrano;
- **mišični želodec:**
  - v njem hrana ostaja nekaj ur (odvisno od vrste hrane),
  - nadaljujejo se kemični procesi prebave;
  - ritmično krčenje → drobljenje vsebine (kamenčki !)
  - steno obdaja debela, čvrsta, elastična plast, ki jo izločajo žleze v steni
    - varuje steno pred mehanskimi poškodbami
    - sodeluje pri drobljenju hrane

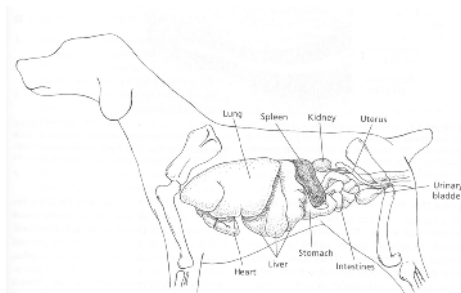
281

### 6.4 Prebava v črevesu:

- **Tanko črevo:**
  - izločanje prebavnih sokov,
  - razgradnja hrane,
  - resorpcija,
  - gibanje
  - pH vsebine: 5,6 - 7,2.
- **Debelo črevo:**
  - močno razviti slepi črevesi in kolon pri rastlinojedih vrstah;
  - prebava celuloze,
  - sinteza vitaminov.

282

## 7 FIZIOLOŠKA VLOGA JETER



283

- JETRA - največja žleza v telesu
- opravljajo vrsto življenjsko pomembnih funkcij:
  - vse snovi, ki se absorbirajo v črevesju → dverna vena → jetra → jetrne celice → skladiščenje ali predelava → sistemska cirkulacija;
- masa jeter:
  - pri mesojedih - 3 do 5 % telesne mase,
  - pri rastlinojedih - 1 do 1,5 %;
  - večja pri mladih živalih (imajo tudi krvotvorno vlogo)
- rdečkasto-rjava barva, plastična konsistenca.

284

## 7.1 Lega in zgradba jeter

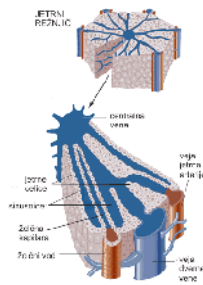
- v trebušni votlini, neposredno za trebušno prepono (diafragmo);
- pri vseh živalskih vrstah - več kot polovica na desni strani.
- robovi - zgornji topi, stranska in spodnji rob ostri;
- razdeljena na režnje
- prekrita so s serozo;



285

## Jetrni režnjiči:

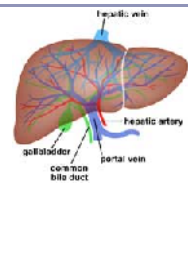
- osnovna funkcionalna struktura jeter;
- prizmatične oblike, visoki do 2 mm;
- v trakove razporejene jetrne celice ali hepatociti;
- žarkasto razporejeni okoli centralne vene.



286

## Prekrvitev jeter:

- jetrna arterija (veja trebušne arterije) - prinaša s kisikom bogato kri,
- dverna vena - prinaša venozno kri iz prebavil;
- jetrne kapilare (sinusoidi) → tridimenzionalna mreža med trakovi hepatocitov - kri iz obeh žil se meša → centralna vena → jetrne vene → kavdalna vena;
- sistem žolčnih izvodil → po žolčevodu se izliva v dvanaestnik;



287

## 7.2 Fiziološka vloga jeter

- sodelovanje pri prebavnih procesih - sintetizirajo in izločajo žolčne kisline;
- termogene kemične reakcije - povečajo oksidacijske procese in pospešijo ogrevanje krvi;
- sodelujejo pri presnovi ogljikovih hidratov, maščob, beljakovin, vitaminov;
- detoksikacija (pretvorba škodljivih, strupenih ali fiziološko aktivnih snovi v neškodljive ali fiziološko neaktivne spojine);

288

- izločanje (ekskrecija) snovi, ki jih telo ne potrebuje: žolčna barvila, težke kovine, detoksificirane snovi;
- sekrecija v fizioloških procesih še uporabnih snovi: žolčne kisline.
- skladiščenje (depojska vloga):
  - v jetrnih žilah in sinusih - okoli 10% skupnega V krvi;
    - praznjenje - simpatikus (krvne žile se stisnejo → izprazniijo)
  - mineralnih snovi (predvsem železo), glikogena, maščob in vitaminov (B-kompleks, A, K, folna kislina).
- obrambna vloga: Kupferjeve celice (RES) - zadrževanje in uničenje bakterij

289

## 4 FIZIOLOGIJA PRESNOVNIH PROCESOV

290

- obdobja največjih potreb po hranilnih snoveh niso usklajena z obdobji hranjenja oz. njihove največje absorpcije iz črevesa;
  - med obdobji hranjenja in prebavljanja absorpcija hitra in intenzivna,
  - v vmesnih obdobjih (med obroki) se prekine;
- živali razvile zapleten sistem vzdrževanja preskrbe s hranili in uravnavanja kratkotrajnih in dolgotrajnih učinkov prebave.
- **presnova (=metabolizem)** - zapleten fiziološki proces, ki temelji na nizu med seboj povezanih biokemičnih reakcij;
- **presnovki (=metaboliti)** - kemične spojine, ki nastajajo v procesih presnove:
  - običajno vstopajo v nadaljnje biokemične procese (v presnovno verigo);
- **končni (definitivni, terminalni) presnovki** - ne vstopajo v nadaljnje biokemične procese (npr.  $\text{CO}_2$ , sečnina)

291

## Razdelitev presnove:

- **intermediarna presnova** - procesi pretvarjanja kemičnih snovi iz ene oblike v drugo oz. v energijo:
  - presnova ogljikovih hidratov, maščob, beljakovin, vitaminov, rudninskih snovi, vode;
- **kvantitativna (bilančna) presnova** - razmerje med količino snovi ali E, ki vstopi in izstopi iz telesa;
- **energetska presnova** - pretvorba snovi v E in njena izraba v telesu;

292

## 1 INTERMEDIARNA PRESNOVA

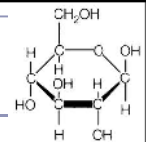
FIZIOLOGIJA PRESNOVE 293

### 1.1 INTERMEDIARNA PRESNOVA OGLJIKOVIH HIDRATOV (OH)

- pri večini vrst sesalcev - OH v hrani pokriva več kot polovico potreb po energiji;
- presnova OH zajema vse reakcije, v katerih te snovi:
  - Pretvarjajo iz ene oblike v drugo,
  - se vklapljaajo v biokemične procese telesa.
- **neprežvekovalci:**
  - večina OH se razgradi do monosaharidov,
  - po resorpciji se s krvjo prenesejo v jetra;
- **prežvekovalci in neprežvekovski rastlinojedi:**
  - OH iz hrane se z mikrobo fermentacijo pretvorijo v nižje maščobne kisline (VFA);

294

### 1.1.1 GLUKOZA



- končni produkt **prebave** OH,
- glavni vir E pri vsejedih monogastriidih;
- glavni monosaharid v krvi in intersticijski tekočini sesalcev → prehaja v celice;
- **koncentracija glukoze v krvi:**
  - razlike znotraj vrste in medvrstne razlike;
  - odvisne od prehranskega statusa in individualnih zalog OH;
- **glede na raven glukoze v krvi:**
  - **normoglikemija** - koncentracija običajna (značilna) za živalsko vrsto,
  - **hiperglikemija** - povečana koncentracija,
  - **hipoglikemija** - zmanjšana koncentracija.

295

## Koncentracija glukoze v krvi domačih živali

| Vrsta             | mmol/L      | Vrsta   | mmol/L       |
|-------------------|-------------|---------|--------------|
| konj              | 3,08 - 5,32 | koza    | 2,24 - 3,92  |
| govedo            | 1,96 - 3,36 | prašič  | 4,48 - 5,32  |
| tele (1-2 tedna)  | 5,04 - 6,16 | pes     | 3,36 - 5,04  |
| tele (4-5 tednov) | 4,40 - 5,60 | kunec   | 3,92 - 6,16  |
| tele (5-6 tednov) | 2,24 - 2,78 | budra   | 3,36 - 7,00  |
| ovca              | 1,68 - 3,36 | podgana | 3,36 - 4,48  |
| jagnje (2-4 ted.) | 4,48 - 6,16 | kokoš   | 6,72 - 11,20 |
| jagnje (6-9 ted.) | 3,36 - 3,92 | človek  | 4,48 - 6,72  |

296

## Koncentracija glukoze v krvi prežvekovalcev:

- **mladi prežvekovalci**, ki se hranijo z mlekom: koncentracije visoke oz. podobne kot pri monogastrikih;
- **prehod na voluminozno krmo** (začetek značilne prežvekovalske prebave) → koncentracija v krvi upada:
  - intenzivno pri starosti med 5. do 10. tednom,
  - počasneje do 6. meseca starosti, ko so dosežene vrednosti, značilne za odrasle živali → ontogena hipoglikemija;
- **odrasli prežvekovalci** - nizke vrednosti:
  - vir glukoze in energije - maščobne kisline;

297

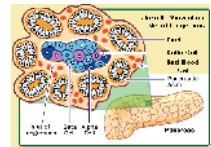
## Viri krvne glukoze:

- **absorpcija monosaharidov iz prebavil** (glavni, a variabilni):
  - po obroku, bogatem z OH → koncentracija lahko močno naraste, a se kmalu povrne na izhodiščno raven;
- **drugi stalni vir - sinteza iz glukogenih snovi**:
  - glikogen
  - glukogene AK,
  - glicerol,
  - propionska kislina
- **direktni prekurzor** glukoze - glukoza 6-fosfat, ki se hidrolizira v jetrih, ledvicah in črevesni sluznici

298

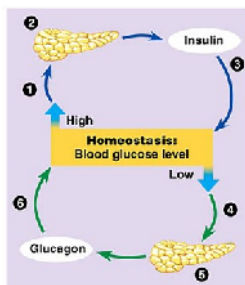
## Upravljanje koncentracije glukoze:

- **ledvice**: višek v krvi se izloča z urinom (= glukozurija)
- **jetra** - "pufer za glukozo":
  - višek glukoze → pretvorba v glikogen,
  - hipoglikemija → izločanje glukoze v kri;
- **hormoni**:
  - hormona trebušne slinavke **inzulin in glukagon**;
  - drugi hormoni (adrenalin, glukokortikoidi, hormoni ščitnice).



299

## Koncentracije glukoze v krvi; regulacijska vloga inzulina in glukagona



**Inzulin**: izločanje ob hiperglikemiji (po hranjenju);

- pospešuje vstopanje glukoze v celice → konc. glukoze v krvi upada;
- ko je dosežena normalna raven, se izločanje preneha.

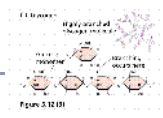
**Glukagon**: izločanje ob hipoglikemiji (padec glukoze v krvi),

- pospešuje razgradnjo glikogena v jetrih in pospešuje glikoneogenezo → konc. glukoze v krvi narašča;

300

## 1.1.2 GLIKOGEN (ŽIVALSKI ŠKROB)

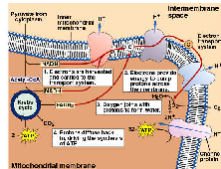
- polimer glukoze: 3.000-30.000 enot,
- direktna zaloga glukoze v vseh tkivih,
- prevladuje v jetrih in mišicah (80-90 %):
  - **jetra**: količina shranjenega glikogena omejena (<10% mase jeter) → višek glukoze se pretvori v maščobne kisline;
  - **mišice**: E pri mišičnih (predvsem anaerobnih) krčenjih;
- **glikogeneza**: proces, pri katerem se glukoza pretvarja v glikogen (pretvorbo stimulira inzulin);
- **glikogenoliza**: razgradnja glikogena pod vplivom encimov;



301

## 1.1.3 GLAVNE PRESNOVNE POTI OH:

- glikoliza:**
  - anaerobna encimska razgradnja glukoze do piruvične kisline (predstopnja aerobne razgradnje v citratnem ciklusu);
- citratni cikel (ciklus citronske kisline; Krebsov cikel):**
  - glavni proces pridobivanja energije v organizmu - nastanek ATP
- ostale poti:**
  - pentoza fosfatna pot,
  - sinteza in razgradnja glikogena,
  - interkonverzija med monosaharidi.

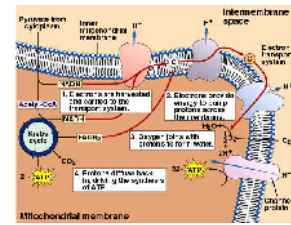
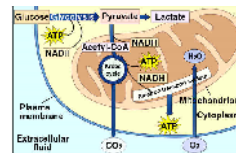


302

## Nastanek ATP

Glikoliza, Krebsov cikel in dihalna veriga

Krebsov cikel in dihalna veriga



303

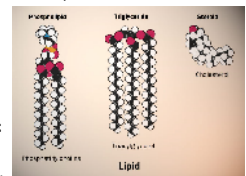
## Bilanca popolne oksidacije glukoze:

| PROCES                    | KOLIČINA ATP  |
|---------------------------|---------------|
| glikoliza                 | 2 ATP         |
| pretvorba piruvata (2x)   | 6 ATP         |
| acetil-CoA                |               |
| citratni cikel (2x)       | 24 ATP        |
| mitohondrijska oksidacija | 4 ATP         |
| <b>skupaj</b>             | <b>36 ATP</b> |

304

## 1.2 INTERMEDIARNA PRESNOVA MAŠČOB

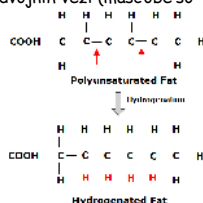
- 16 - 20 % telesne mase;
- glede na kemično sestavo - različne snovi (nepolarne molekule):
  - trigliceridi (triacilgliceroli),
  - fosfolipidi,
  - glikolipidi,
  - steroidi (holesterol),
- nekateri fizikalne lastnosti - skupne:
  - razmeroma nizko tališče,
  - organoleptičen občutek mastnosti;
  - topne v organskih topilih (eter, benzen, kloroform, mešanica etra in alkohola ali kloroforma in metanola),
  - netopne v vodi.



305

### Nasičenost maščob:

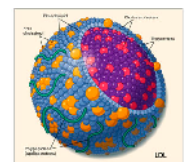
- nasičene MK - enojna vez med vsemi C atomi (maščobe trde) → **MASTI**
- nenasičene MK - ena ali več dvojnih vezi (maščobe so mehke ali tekoče) → **OLJA**
- Vloge:**
  - energetska,
  - gradbena (strukturna),
  - mehanična zaščita notranjih organov,
  - termoregulacija;



306

### 1.2.1 Krvne maščobe:

- količine v krvi zelo variabilne (vplivi številnih notranjih in zunanjih dejavnikov), i
- izvor:**
  - absorpcija iz prebavil: v obliki maščobnih kapljic (= **hilomikroni**) → limfa → v vensko kri
  - dvig koncentracije lipidov v krvi = lipemija;
  - mobilizacija iz maščobnega tkiva,
  - sinteza (v jetrih),
- oblike prenosa v krvi:**
  - hilomikroni,
  - lipoproteini,
  - proste maščobne kisline.



307

### A) Proste maščobne kisline

- = neesterificirane maščobne kisline (NEFA):
- vezane na serumske albumine in lipoproteine → povečana topnost;
- koncentracija v krvi naraste ob mobilizaciji maščob iz depojev zaradi povečanja energetskih potreb organizma;*
- vloge prostih MK:
  - izvor energije za srčno mišico, skeletne mišice v mirovanju, ledvice
  - izvor mlečnih maščob,
  - pri nizkih zunanjih temperaturah - katabolizem maščobnih kislin pomemben vir dodatne toplote

308

### B) Lipoproteini

- spojine proteinov in lipidov,
- nastajanje v jetrih, manjše količine tudi v črevesnem epitelu;
- klasifikacija - več razredov na osnovi razmerja med maščobami in proteini:
- funkcije lipoproteinov:
  - VLDL - prenos na novo sintetiziranih triacilglicerolov iz jeter v maščobno tkivo;
  - LDL - prenos holesterola iz jetrnih celic po telesu = "slabi holesterol",
  - HDL - zbirajo holesterol iz tkiv in ga vračajo v jetra = "dobri holesterol"

309

### 1.2.2 Maščobno tkivo

- maščobno tkivo je presnovno zelo aktivno:
  - pozitivno E ravnotežje → nalaganje (encim lipoprotein-lipaza),
  - negativno E ravnotežje (lakota), vpliv nekaterih hormonov → sproščanje (v obliki prostih MK: encim hormonsko senzitivna triacilglicerol-lipaza);
- skladišče (predvsem) trigliceridov:
  - so idealna oblika za shranjevanje energije pri živalih:
    - velika E vrednost,
    - v maščobnem tkivu zelo malo vode → maksimalna količina E na razmeroma majhno maso,
- je pod kontrolo živčnega in hormonalnega sistema:
  - insulin, glukagon, adrenalin, noradrenalin, ACTH ...

310

### 1.2.3 Uravnavanje presnove maščob:

- prehrambeni dejavniki:
  - kopičenje maščobe kadar E vrednost hrane presega E porabo organizma;
- genetski dejavniki:
  - filogenetsko pogojeno kopičenje ali izraba maščob;
- živčni in hormonalni dejavniki.
- vloga jeter pri presnovi maščob:
  - β-oksidacija (razgradnja maščob);
  - sinteza lipidov (glicerol, maščobne kisline in holesterol, žolčne kisline, estri holesterola, fosfolipidi, glikolipidi in lipoproteini)

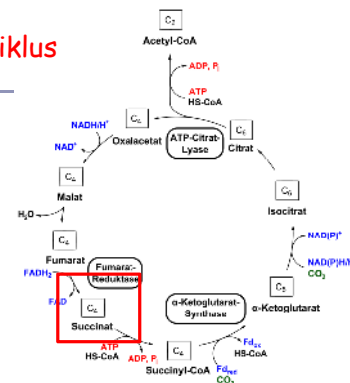
311

### 1.2.4 Presnova MK pri prežvekovalcih

- Ocetna kislina - glavni vir E za prežvekovalce,
  - nastanek: fermentacija OH v predželodcih → absorpcija v predželodcih → kri (koncentracija visoka);
  - pri prehodu skozi jetra: manjši del se oksidira, večji del vstopa v kri → maščobno tkivo, mišice, mlečna žleza ipd.
- Propionska kislina:
  - skoraj vsa prehaja v jetra, ne vstopi v sistemski krvni obtok;
  - najpomembnejši prekurzor glukoze pri prežvekovalcih:
    - v Krebsov ciklus vstopa kot sukcinat → oksalacetat → procesi glukoneogeneze za sintezo glukoze (v jetrih)

312

### Krebsov ciklus



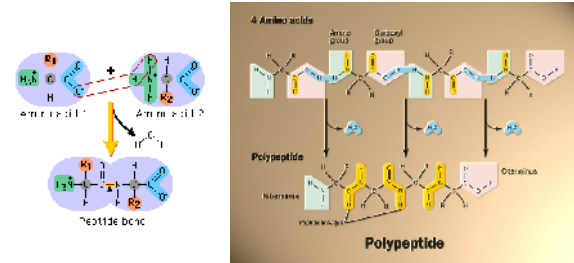
313

### 1.3 INTERMEDIARNA PRESNOVA BELJAKOVIN

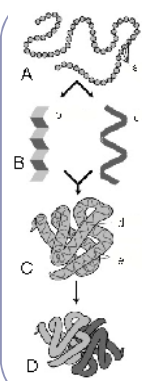
- bistveni sestavni in funkcionalni del živalskega organizma (~15 – 20%);
- kompleksne molekule z veliko RMW
- osnovne gradbene enote: aminokisline (AK):
  - med seboj povezane s **peptidnimi vezmi** (vez med amino skupino ( $-NH_2$ ) ene AK in karboksilno skupino ( $-COOH$ ) sosednje AK);
- vse beljakovnine sestavljene iz 20 AK:
  - neesencialne**: telo jih lahko sintetizira,
  - esencialne**: telo jih ne more sintetizirati → mora jih dobiti s hrano:
    - valin, levcin, izolevcin, treonin, metionin, lizin, fenilalanin, triptofan

314

### Peptidna vez



315



- Dolžina verig:**
  - kratke verige AK -peptidi,
  - > 50 AK - polipeptidi,
  - > 100 AK - beljakovine.
- beljakovinske verige se lahko upogibajo → različne tridimenzionalne strukture:
  - zaradi vodikovih vezi in disulfidnih mostičkov med AK zelo stabilne.
  - določa njihove biološke funkcije (le določeni deli verige lahko reagirajo z drugimi molekulami).

316

- tridimenzionalna struktura beljakovin se lahko poruši (= denaturacija beljakovin):**
  - fizikalni dejavniki (segrevanje, stresanje, ultrazvočno valovanje, ionizirajoče sevanje),
  - kemični dejavniki (soli težkih kovin, kisline, alkalije, formalin, alkohol)
- denaturacija nekaterih beljakovin: ~42 oC → dvig telesne temperature > 42 oC življenjsko nevaren.**

317

### Vloge beljakovin v telesu:

- gradbena (strukturna)** - keratin, kolagen, elastin → vezno tkivo (osnova kosti, hrustancev, dlake, kopit, ipd.);
- katalitična** → encimi (npr. tripsin, ribonukleaza, ipd.);
- prenosna**:
  - npr. hemoglobin -  $O_2$  in  $CO_2$ ,
  - beljakovine krvne plazme - transport v vodi netopnih snovi (hranilne snovi, presnovki, vitamini, hormoni, zdravila, ipd.)
- puferska**: s prostimi amino- in karboksilnimi skupinami vežejo kisline ali alkalije;
- koloidno-osmotska**: sposobnost beljakovin, da kemično vežejo vodo
- obrambna**: npr. imunoglobulini, gibanje (aktin, miozin) ipd.

318

### 1.3.1 Vloga jeter v presnovi AK in beljakovin

- jetra vzdržujejo stalno koncentracijo AK v krvi ne glede na procese absorpcije:**
  - esencialne AK** → skozi jetra v sistemski krvni obtok → sinteza beljakovin v drugih tkivih /organih;
  - neesencialne AK** → ne vstopajo v sistemski krvni obtok (v jetrih se kemično spremenijo):
    - sinteza serumskih beljakovin, faktorjev koagulacije krvi, albuminov, ipd.;
    - vstopajo v procese presnovi OH (vir E, pretvorba v glukozo, glikogen ali MK);
- višek AK se shranjuje v mišicah (beljakovine!) → sproščanje ob pomanjkanju E ali AK;**

319

## 1.3.2 Razgradnja beljakovin

- **Živalsko telo lahko shrani le majhno količino beljakovin:**
  - vnos beljakovin nad dnevnimi potrebami → povečana sinteza uree; konverzija v ogljikove hidrate oz. maščobe in vir E;
  - vnos beljakovin pod dnevnimi potrebami: razgradnja telesnih beljakovin → izguba dušika.
- **amino skupine, ki se ne uporabijo za resintezo AK, se morajo raztopiti v vodi izločiti (nastali amoniak zelo strupen!):**
  - oblika izločanja dušika pri različnih živalskih vrstah odvisna od količine vode, ki je na voljo:
  - **ekskrecija amoniaka** → vodne živali (amotelične);
  - **ekskrecija uree** (sečnine) → sesalci (ureotelične ž.);
  - **ekskrecija sečne kisline** → ptice, plazilci (urikotelične ž.).

320

## 1.3.3 Ravnotežje dušika

- **dnevno mora priti v telo enaka količina beljakovin, kot se razgradi (= beljakovinski minimum):**
  - pozitivna bilanca dušika (vnos dušika presega izločanje):
    - rast, okrevanje po stradanju ali težjih boleznih,
    - gravidnost (večinoma na račun rasti plodu)
  - negativna bilanca dušika (vnos dušika manjši od izločanja):
    - pomanjkanje beljakovin ali esencialnih AK v krmi, stradanje,
    - vročinska stanja, hude bolezni, ipd.

321

## 1.4 INTERMEDIARNA PRESNOVA MINERALOV

- **minerali** - nujna sestavina telesa (2 - 5% suhe snovi telesa):
  - *ob delnem ali popolnem pomanjkanju → motnje v delovanju organizma (lahko tudi pogin);*
  - *ob prebitku → lahko zastrupitve!*
- **razdelitev mineralov:**
  - **makroelementi** - konc. >100 mg/kg telesne mase: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>
  - **mikroelementi (oligoelementi)** - konc. <100 mg/kg telesne mase: Fe<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Mo<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Se<sup>2+</sup>, J<sup>-</sup>, Si<sup>4+</sup>, F<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, As<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>
- **Značilnosti presnovne mineralov:**
  - se ne trošijo, niti ne nastajajo v presnovnih procesih;
  - se lahko večkrat uporabijo;
  - del se neprestano izgublja iz telesa z izločanjem;

322

## Potrebe in preskrba organizma z minerali:

- resorpcija mineralov - v tankem črevesju;
- **pri povečani presnovi ali izločanju - potrebe po mineralih narastejo:**
  - npr. brejost, rast, razvoj, izločanje mleka, telesno delo, številna bolezenska stanja.
- **preskrba živali z minerali - odvisna od vsebnosti v hrani, ta pa od vsebnosti v tleh:**
  - pomanjkanje določenih mineralov → deficitarne bolezni;
  - prevelika količina določenih mineralov → zastrupitve
- razporeditev v telesu: neenakomerna (se koncentrirajo v posameznih organih):
  - jod - ščitnica, železo - kri, jetra in vranica, kalcij, fosfor - trdna tkiva (zobje, kosti), baker, kobalt - jetra, ipd.

323

## 1.5 INTERMEDIARNA PRESNOVA VITAMINOV

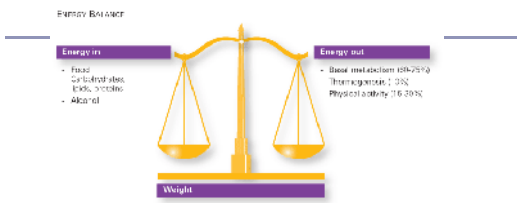
- **vitamini:** za življenje nujne (esencialne) organske snovi, različne kemične sestave, večinoma rastlinskega porekla,
  - delujejo v nizkih ali celo ekstremno nizkih koncentracijah,
  - v živalskem organizmu se ne sintetizirajo → živali jih morajo dobiti s hrano
- **Poimenovanje vitaminov**
  - po biološki vlogi: obolenje, katerega preprečuje dodajanje določenega vitamina
  - po zaporednih črkah abecede,
  - po kemični zgradbi,
- **glede na topnost:**
  - topni v vodi (vitamini iz skupine B, vitamin C);
  - topni v maščobah (A, D, E, K)

324

## Pomanjkanje (deficit) vitaminov

- **pomanjkanje** → motnje v funkciji določenega vitamina:
  - avitaminoza - popolno pomanjkanje vitamina (razmeroma redko);
  - hipovitaminoza - delno pomanjkanje vitamina
- **vzroki za pojav deficita:**
  - pomanjkanje vitamina v hrani (primarni):
    - nepravilna priprava ali skladiščenje krme (sena, silaže)
  - omejena absorpcija ali izkoriščanje vitamina zaradi motnje v delovanju organizma (sekundarni);
- **kritična obdobja za nastanek hipovitaminov:**
  - rast, brejost, delo, proizvodnja mleka, nesenje jajc

325



**2 KVANTITATIVNA ALI BILANČNA PRESNOVA**

326

- **bilančna presnova** - razmerje med količino sprejetih hranilnih snovi in količino teh snovi (ali njihovih presnovnih produktov), izločenih iz organizma;
  - za normalno delovanje organizma pomembno, da se vanj vnaša zadostna količina hranilnih snovi;
- **bilanca snovi**, ki se vnašajo v telo, je lahko:
  - **uravnovešena** (vnos snovi enak izstopu) → odrasle živali;
  - **pozitivna** (vnos snovi večji kot izstop) → mlade, rastoče živali,
  - **negativna** (vnos snovi manjši kot izstop) → pomanjkanje hranilnih snovi v hrani,

327

## 1.3 Stradanje

- posledica negativne bilance HS → pomanjkanje energetskih in drugih snovi se nadomesti na račun lastnega tkiva
- vzroki za stradanje:
  - pomanjkanje hrane,
  - bolezni,
  - razpoloženska stanja (jeza, skrb), fiziološki pojav (divje živali);
- po porabi snovi, prejetih s hrano, prične organizem trošiti lastno tkivo:
  - najprej - poraba maščobnih depojev,
  - hkrati - poraba beljakovin;
- pogin nastopi, ko organizem potroši vse svoje notranje rezerve:
  - pri odraslih živalih 40-60 % tel. mase,
  - pri mladičih zaradi rasti 20 %;

328

- **Čas preživetja ob stradanju:**
  - konj, govedo 10-30 dni
  - človek 40 (do 75) dni
  - pes 38 dni
  - mačka 20 dni
- **Vplivi na čas preživetja:**
  - rejna kondicija, intenzivnost presnove (velikost),
  - aktivnost, starost, splošna odpornost

329

## 3 ENERGETSKA PRESNOVA

330

- različne oblike E v telesu izhajajo iz kemične E hrane, ki jo žival zauživa:
  - razgradnja (oksidacija, izgorevanje) do energetsko manj vrednih snovi → sproščena E se porablja za opravljanje različnih aktivnosti (biosinteza, rast, produkcija, delo, termoregulacija, ipd.);
- **izražanje E vrednosti** - kot količina toplote:
  - 1 kalorija (cal) - količina toplote, ki segreje 1 g vode za 1°C, (od 14,5 na 15,5 °C)
  - 1 cal = 4,1863 J oz. 1 J = 0,239 cal

331

- Intenzivnost energetske presnove se lahko določi z merjenjem toplote (**kolorimetrija**):
  - \* ki se iz organizma sprošča po fizikalnih zakonih z radiacijo, kondukcijo, konvekcijo in evaporacijo (direktna kalorimetrija) ali
  - \* z izračunom produkcije toplote iz razmerja respiratornih plinov (indirektna kalorimetrija).
- **Bilanca E pri razgradnji ogljikovih hidratov v telesu:**
  - \* ~44% energije se pretvori v ATP,
  - \* ~56 % se odda kot toplota
  - \* pri porabi ATP se ~50 % porabi za fiziološke procese, ostanek, ~50 %, pa se odda kot toplota
  - \* **končni izkoristek OH za pretvorbo v mehanično delo ~25 %**

332

### 3 BAZALNA, VZDRŽEVALNA IN PROIZVODNA PRESNOVA

333

### 3.1 BAZALNA PRESNOVA

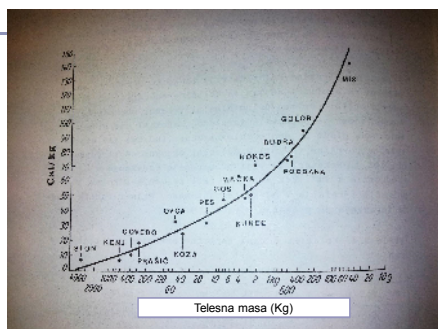
- najmanjša količina energije, potrebna za opravljanje osnovnih življenjskih funkcij:
  - dihanje,
  - delo srca, ledvic, jeter, ipd.,
  - prenos snovi skozi membrane,
  - vzdrževanje mišičnega tonusa,
  - živčna in hormonalna regulacija,
  - druge uravnave/regulacije.

334

- **Osnovni pogoji za bazalno presnovo**
  - mirovanje
  - postresorptivno stanje (v prebavilih ne potekajo procesi prebave in resorpcije); npr. mesojedi, človek 12-18 ur po zadnjem obroku
  - toplotna nevtralnost (temperatura okolja, pri kateri telo ne porablja E za uravnavanje telesne temperature); velike živali približno pri 20 °C.
- **Vplivi na bazalno presnovo:**
  - notranji (velikost, spol, starost, prehrana, rejno stanje)
  - živčni (simpatikus ↑; parasimpatikus ↓);
  - hormonski (ščitnični, spolni, rastni, adrenalini);
  - temperatura okolja (nižje ↑, višje ↓)

335

## Bazalna presnova



336

### 3.2 VZDRŽEVALNA PRESNOVA

- **količina E, ki je potrebna za vzdrževanje življenjskih procesov;**
- meri se pri živalih namesto bazalne presnove (težje doseči pogoje za merjenje bazalne presnove kot pri ljudeh);
- **pogoji za merjenje:** omogočeno hranjenje in z njim povezano gibanje:
  - leganje in vstajanje,
  - hoja na paši,
  - premikanje v obori;
- Vrednosti vzdrževalne presnove pri domačih sesalcih 11-15 % večje kakor vrednosti bazalne presnove
  - pri perutnini za 50 % večje kakor vrednosti bazalne pres.
- Vplivi na vzdrževalno presnovo: enaki kot na bazalno presnovo

337

### 3.3 'PRODUKCIJSKA' PRESNOVA

- količina E, ki jo organizem potrebuje za opravljanje fizioloških (vzdrževalnih) funkcij in proizvodnih (produkcijskih) procesov:
  - gibanje
  - sinteza mleka
  - nesenje jajc
  - rast in razvoj
  - lipogeneza ipd.

338

### 5 Fiziologija krvi

339

## 1 SPLOŠNE LASTNOSTI IN SESTAVA KRVİ

340

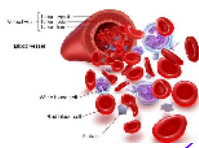
### 1.1 FUNKCIJE KRVİ

- **prenos:**
  - hranilnih snovi,  $O_2$  in  $CO_2$ ,
  - odpadnih produktov presnove,
  - hormonov, vitaminov, ipd.
- **vzdrževanje homeostaze:**
  - koncentracij hranilnih snovi, mineralov, hormonov, plinov in vode (koncentracija snovi je stalna, specifična),
  - telesne temperature,
  - kislinsko-bazičnega ravnotežja telesnih tekočin (kemični pufer),
- **obramba organizma pred tujki:**
  - proizvodnja in prenos obrambnih snovi in celic;
- **začasno skladišče hranilnih snovi;**

341

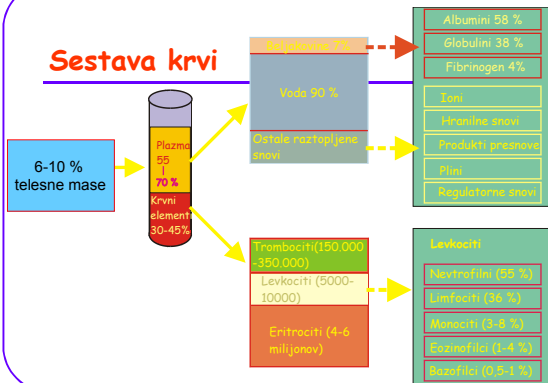
### 1.2 FIZIOLOŠKA SESTAVA KRVİ

- **kri** - tkivo v tekočem stanju (suspenzija krvnih celic v krvni plazmi):
  - krvna plazma - tekoči del krvi (medceličnina);
  - krvne celice - formirani del krvi (suspendirane v krvni plazmi);



342

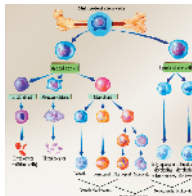
### Sestava krvi



343

## 1.3 HEMATOPOEZA

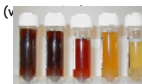
- proces nastajanja krvnih celic - v kostnem mozgu:
  - po rojstvu: rdeči kostni mozeg (vse kosti);
  - s staranjem: maščobna degeneracija kostnega mozga → **rumeni kostni mozeg**;
- rdeči kostni mozeg ostane v kratkih kosteh telesnega debla in gobasti kostnini dolgih kosti (s staranjem se aktivnost zmanjšuje);
- urejajo jo kompleksni celični in humoralni procesi, ki omogočajo ohranjanje stalnega števila krvnih celic;



344

## 1.4 LASTNOSTI KRVİ

- **A) Barva krvi:**
  - rdeča - zaradi krvnega barvila hemoglobina (Hb) v Er:
    - živo rdeča - če je na Hb vezanega mnogo O<sub>2</sub> (arterijska kri),
    - modrikastordeča - če je na Hb vezanega malo O<sub>2</sub> (v
- **B) Barva plazme/seruma:**
  - rumena z različnimi odtenki:
    - zaradi prisotnosti žolčnih barvil (bilirubina), karotinov;
    - odtenek - odvisen od vrste živali, od njenega fiziološkega ali patološkega stanja.
  - rdeč odtenek (hemolitičen) - zaradi hemolize (razpad Er, hemoglobin (Hb) se izlije v plazmo/serum).



345

## C) Acidobazna reakcija (pH) krvi

- **7,3 do 7,5** - mehanizmi vzdrževanja homeostaze:
  - funkcija ledvic in dihal;
  - kemični pufri v krvni plazmi (najpomembnejši - bikarbonatni).
- spremembe pH:
  - padec pod normalno raven = acidoza (acidemija),
  - dvig nad normalno raven = alkaloza (alkalemija).

## D) Volumen krvi

- vsa količina krvi v telesu;
- ni ga mogoče izmeriti direktno,
  - z izkrvavitvijo organizem izgubi le približno polovico krvi;
- lahko ga izračunamo iz razmerja med krvnimi celicami krvno plazmo (hematokrita).

346

## Količina krvi (volumen in delež telesne mase) pri domačih živalih

| Vrsta živali | Volumen [ml/kg] | Delež telesne mase [%] |
|--------------|-----------------|------------------------|
| konj         | 75 – 90         | 9,8                    |
| govedo       | 64 – 82         | 7,7 – 8,1              |
| ovca         | 60 – 75         | 7,7 – 8,1              |
| koza         | 60 – 75         | 7,7 – 8,1              |
| prašič       | 50 – 90         |                        |
| kunec        | 55 – 63         | 4,7 – 5,5              |
| perutnina    | 78 – 92         | 8,0 – 9,0              |

347

## 2 KRVNA PLAZMA

- **KRVNA PLAZMA - tekoči del krvi,**
  - kompleksna tekočina - medij za zamenjavo snovi med krvnimi žilami in telesnimi celicami;
- **kemična sestava plazme:**
  - voda (topilo): 90-92%,
  - organske sestavine : 212 g/L
  - anorganske sestavine - soli: 9 g/L;
- kemična sestava **krvnega seruma** - podobna sestavi krvne plazme (razlika - serum ne vsebuje fibrinogena!);

348

349

## 2.1 Anorganske sestavine plazme:

### Kationi:

- $\text{Na}^+$ : plazma > Er (2 mmol/L);
  - najpogostejše kot NaCl (200-260 mmol/L),
- $\text{K}^+$ : plazma (5 mmol/L) < Er (94-112 mmol/L);
- $\text{Ca}^{2+}$ : plazma/serum, (2,0-2,7 mmol/L)
- $\text{Mg}^{2+}$ : v glavnem v plazmi, (1,0-1,2 mmol/L), le deloma v Er;

### Anioni:

- Kloridi: v Er in plazmi;
- Karbonati:
  - v celicah ( $\text{KHCO}_3$ ) in
  - v plazmi ( $\text{NaHCO}_3$ )
- Sulfati: anorganske in organske spojine;
  - 0,1-0,2 g/L
- Fosfati: anorganske in organske spojine;
  - v plazmi - puferska vloga → pri pH 7,4:
    - 20 % v primarni obliki ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) - deluje kot kislina,
    - 80 % v obliki sekundarnih ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) - deluje kot baza;

350

## 2.2 Organske sestavine plazme (koncentracija: okoli 212 g/L):

### Dušikove spojine

#### (vsebujejo N):

- beljakovinske:
  - enostavne,
  - sestavljene;
- nebeljakovinske (nimajo beljakovinskih lastnosti):
  - sečnina (urea), sečna kislina,
  - kreatin, kreatinin,
  - hipurna kislina, purinske in pirimidinske baze,
  - histamin,

### Nedušikove spojine

#### (ne vsebujejo N):

- glukoza, lipidi,
- različni presnovki (mlečna, piruvična, citronska in druge kisline).

351

## Beljakovine krvne plazme (seruma)

### Enostavne :

- fibrinogen:
  - sodelovanje pri procesih koagulacije krvi,
- albumini:
  - uravnavanje koloidno-osmotskega tlaka;
  - transportna vloga;
- globulini:
  - γ (nastajanje - imunski sistem): imunska vloga;
  - α, β: prenos  $\text{H}_2\text{S}$ , metabolitov, anorganskih soli, hormonov, vitaminov, zdravil, barvil ...);
  - skladišče AK za sintezo beljakovin;

### Sestavljene :

- iz proteinskega in neproteinkega dela (prostetična skupina):
  - lipoproteini - lipidi;
  - glikoproteini - ogljikovi hidrati;
  - fosfoproteini - fosfati;
  - metaloproteini - kovinski ioni;
  - hromoproteini - barvila;

352

## Koncentracija enostavnih plazemskih beljakovin [g/L]

| Vrsta živali | Skupaj | Fibrinogen | Albumini | Globulini |
|--------------|--------|------------|----------|-----------|
| konj         | 68,4   | 3,4        | 32,5     | 32,5      |
| govedo       | 83,2   | 7,2        | 36,3     | 39,7      |
| ovca         | 57,4   | 3,6        | 30,7     | 23,1      |
| koza         | 72,7   | 6,0        | 39,6     | 27,1      |
| prašič       | 68,0   | 5,0        | 20,3     | 32,7      |
| pes          | 67,2   | 5,2        | 35,7     | 26,3      |

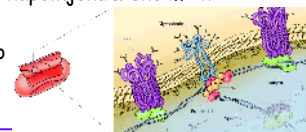
353

## 3 ERITROCITI (ER)

354

## 3.1 ZGRADBA ERITROCITOV

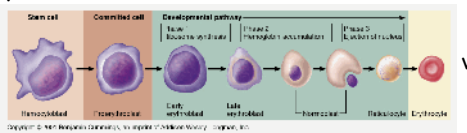
- membrana: osnovna zgradba - kot druge celice;
  - na P: mukoproteidi, glikoproteini (Ag komponente);
  - notranja stran membrane - kompleksen citoskelet: vzdrževanje bikonkavne oblike;
  - zelo fleksibilna → (spreminjanje oblike Er);
  - notranjost (stroma): napolnjena z encimi in hemoglobinom;
  - zreli Er ne vsebujejo jedra, ribosomov in mitohondrijev,



355

### 3.2 NASTAJANJE IN RAZGRADNJA Er

- dnevno se obnovi okoli 1% Er (odvisno od potreb organizma po  $O_2$ );
- nastajanje Er = eritropoeza poteka preko več faz:



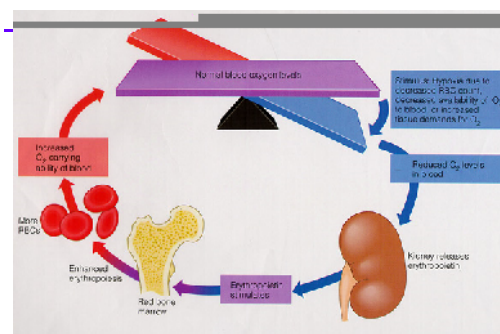
356

### Urejanje eritropoeze:

- najpomembnejši dejavnik, ki ureja eritropoezo - stopnja oksigenacije tkiv;
- vsako stanje, ki zmanjša količino  $O_2$  v tkivih (hipoksija), pospeši eritropoezo, npr.:
  - zmanjšana števila Er (anemije različnega porekla, krvavitve, poškodbe kostnega mozga),
  - zmanjšane količine  $O_2$  (motnje v cirkulaciji, pomanjkljiva oskrba),
  - povečanih zahtev organizma po (velika nadmorska višina, fizični napor).
- eritropoezo stimulira hormon eritropoetin (EPO) - nastaja v ledvicah ob hipoksiji:
  - pospešujejo tudi adrenalin, noradrenalin in prostaglandini;
  - dvig količine EPO hiter (višek 24 ur po stimulaciji),
  - proizvodnja eritrocitov je lahko do 10-krat večja od običajne, dokler se število Er ne obnovi,

357

### Mehanizem delovanja eritropoetina



358

### 3.3 Življenjska doba Er

- s staranjem aktivnost encimov v Er pada → odpornost membrane na mehanske vplive se zmanjša;
- zato pri prehajanju skozi vranične in jetrne sinuse popokajo, iz njih se sprosti Hb (hemoliza) → fagocitoza (tkivni makrofagi vranice, jeter);
- življenjska doba Er:
  - domači sesalci in človek  $\sim 120 \pm 20$  dni ( $\sim 3$  do 4 mesece),
  - kunci  $\sim 40$ -50 dni,
  - laboratorijske živali  $\sim 20$  - 50 dni,
  - kokoši  $\sim 28$  dni.

359

### 3.4 ŠTEVILO IN VELIKOST Er:

- normocitemija** - število Er v okviru fizioloških vrednosti;
- oligocitemija** - število Er zmanjšano;
- policitemija** - število Er povečano.
- med številom Er in premerom ter površino - obratno sorazmerje:
  - veliko število Er - majhen 2r, majhna P
  - majhno število Er - velik 2r, velika P

360

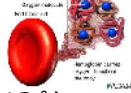
Tabela 5.3: Število, razpon normalnih vrednosti, premer in površina posameznega eritrocita ter skupna površina eritrocitov pri domačih živalih

| Vrsta živali | Število eritrocitov [ $\times 10^{12}/L$ ] |                            | Premer posameznega eritrocita [ $\mu m$ ] | Površina posameznega eritrocita [ $\mu m^2$ ] | Skupna površina eritrocitov [ $\mu m^2$ ] |
|--------------|--------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
|              | Povprečje                                  | Razpon normalnih vrednosti |                                           |                                               |                                           |
| konj         | 7,5                                        | 6 – 10                     | 5,4                                       | 80                                            | >30 000                                   |
| pes          | 6,0                                        | 5,5 – 8                    | 7,2                                       |                                               | 1300                                      |
| govedo       | 7,0                                        | 5 – 9                      | 5,5                                       | 95                                            | >30 000                                   |
| ovca         | 10,0                                       | 6 – 13                     | 4,8                                       | 64                                            | 1500 – 2000                               |
| koza         | 14,0                                       | 13 – 15                    | 3,9                                       | 38 – 50                                       |                                           |
| prašič       | 7,0                                        | 5 – 8                      | 5,7                                       | 107                                           | >6000                                     |
| kokoš        | 2,8                                        | 2,5 – 3,2                  | 12 x 7,5                                  | 180                                           | 80                                        |

361

### 3.5 FUNKCIJA ERITROCITOV

- prenos  $O_2$  iz pljuč do telesnih celic;
- glavna funkcionalna sestavina Er vretenčarjev - **hemoglobin (Hb)**:
  - velika kompleksna molekula ( $M_m \sim 64,458$ );
  - zapletena kvartarna struktura (4 beljakovinske podenote);
  - po dve identični, označeni  $\alpha$  in  $\beta$ ,
  - vsako podenoto sestavljata:
    - beljakovinska veriga (globin) in
    - heterociklični porfirinski obroč (v sredini  $Fe^{2+}$ );



362

### Koncentracija hemoglobina v krvi domačih živali (povprečje in razpon normalnih vrednosti)

| Vrsta  | Hb (g/L)        |
|--------|-----------------|
| konj   | 111 (80 - 140)  |
| pes    | 140 (110 - 170) |
| govedo | 120 (90 - 140)  |
| prašič | 140 (110 - 180) |
| ovca   | 125 (100 - 150) |
| kunec  | 129 (16 - 136)  |
| koza   | 106 (70 - 140)  |
| kokoš  | 110 (80 - 120)  |

363

### Sinteza in razgradnja Hb

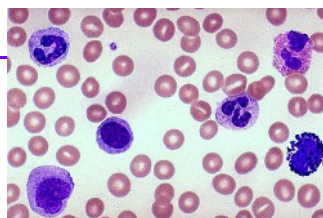
- **sinteza** - med razvojem Er v kostnem mozgu - več faz:
  - sinteza hema - v mitohondrijih in citosolu,
  - sinteza globina - na ribosomih
- **razgradnja Hb po razpadu Er (jetra, vranica ...)**:
  - Fe: sproščanje v kri → transportni protein transferin → kostni mozeg (uporaba za resintezo Hb) ali shranjevanje v jetrih (feritin);
  - globin → aminokisline → resinteza Hb;
  - hem → v makrofagih razgradnja do v bilirubina (preko vmesnih stopenj) → s krvjo v jetra → žolčna barvila;

364

### Funkcije Hb:

- **glavna funkcija - prenos  $O_2$** :
  - v pljučih:  $O_2 + Hb$  (oksidacija) →  $HbO_2$  (oksi-Hb),
  - molekula Hb veže največ 4  $O_2$
  - zaradi vezave  $O_2$  na Hb: kri lahko vsebuje 60-x več  $O_2$ , kot bi se ga lahko raztopilo v enakem volumnu vode.
- učinkovitost transporta  $O_2$  - odvisna od:
  - števila Er v cirkulaciji in
  - količine Hb, ki jo vsebujejo eritrociti;
- v kapilarah:  $O_2$  zapušča Hb (= deoksidacija) → tkiva;
- **ostale funkcije**:
  - Prenos  $CO_2$  (vezava na proste aminokupine globina);
  - Puferska vloga

365



### 4 LEVKOCITI

366

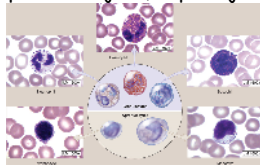
- **levkociti** - bele krvne celice: v centrifugatu krvi kot tanka bela prevleka pokrivajo plast eritrocitov
- **nahajajo se v**:
  - krvni plazmi,
  - limfi, kostnem mozgu, drugih tkivih,
- **vloga**: obrambna,
- njihove lastnosti se razlikujejo glede na:
  - stopnjo aktivnosti in
  - zrelosti.



367

## 4.1 KLASIFIKACIJA LEVKOCITOV

- obstaja več tipov levkocitov, ki imajo mnogo skupnih lastnosti, vendar se razlikujejo po obliki in funkciji;
- glavni dejavnik za razlikovanje levkocitov - prisotnost zrn:
- encimi, ki sodelujejo pri prebavi tujkov, ki pridejo v celice z endocitozo
- glede na prisotnost zrn se delijo na:
  - granulocite in
  - agranulocite.



368

### Agranulociti:

- nastajanje:
  - v limfnem tkivu (limfnih vozlih, vranici) in
  - v kostnem mozgu (monociti);
- nimajo zrn,
- jedro veliko in okroglo;
- razdelitev:
  - limfociti
  - monociti

### Granulociti:

- nastajanje v kostnem mozgu;
- imajo zrnca in segmentirano jedro;
- razdelitev - glede na dovzetnost za barve:
  - acidofilni (eozinofilni) granulociti = eozinofilci,
  - bazofilni granulociti = bazofilci,
  - nevtrofilni granulociti = nevtrofilci;

369

## 4.2 ŠTEVILO LEVKOCITOV

- absolutno število:  $4-10 \times 10^9/L$  (~1% krvnih celic odraslih osebkov),
- fiziološki vplivi na število levkocitov:
  - starost, spol, prebava, pojava, brejost, delo ...
- bolezenski vplivi na število levkocitov:
  - **levkocitoza** - zvišano število:
    - bakterijske infekcije,
    - proliferacija levkopoetičnega tkiva;
  - **levkopenija** - znižano število:
    - virusna obolenja,
    - poškodbe levkopoetičnega tkiva z različnimi strupi, zdravlili, ionizirajočimi sevanji itd.

370

Tabela 6.5: Število in delež levkocitov pri domačih živalih

| Vrsta  | Število levkocitov [ $\times 10^9/L$ ] | Delež levkocitov [%] |           |          |             |           |
|--------|----------------------------------------|----------------------|-----------|----------|-------------|-----------|
|        |                                        | nevtrofilci          | limfociti | monociti | eozinofilci | bazofilci |
| konj   | 9 (8 – 11)                             | 50 – 60              | 30 – 40   | 5 – 6    | 2 – 5       | < 1       |
| govedo | 8 (6 – 10)                             | 25 – 30              | 60 – 65   | 5        | 2 – 5       | < 1       |
| ovca   | 7.5 (6 – 10)                           | 25 – 30              | 60 – 65   | 5        | 2 – 5       | < 1       |
| koza   | 10 (8 – 13)                            | 35 – 40              | 50 – 55   | 5        | 2 – 5       | < 1       |
| prašič | 12 (8 – 20)                            | 30 – 35              | 55 – 60   | 5 – 6    | 2 – 5       | < 1       |
| pes    | 12 (8 – 18)                            | 65 – 70              | 20 – 25   | 5        | 2 – 5       | < 1       |
| mačka  | 10 (9 – 15)                            | 55 – 60              | 30 – 35   | 5        | 2 – 5       | < 1       |
| kokoš  | 20 (18 – 30)                           | 25 – 30              | 55 – 60   | 10       | 3 – 8       | 1 – 4     |

371

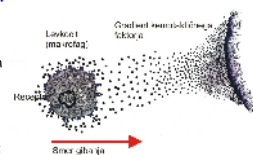
## 4.3 NASTAJANJE IN ŽIVLJENJSKA DOBA LEVKOCITOV:

- predstopnja levkocitov: mezenimske celice (pluripotentne matične celice - se lahko pretvorijo v katerokoli krvno celico)
- granulociti in monociti: nastajajo in se shranjujejo v kostnem mozgu,
  - v kostnem mozgu shranjenih 3x več celic, kot jih je v krvi; zaloga zadostuje za 6 dni;
  - v krvi 4 – 8 ur → prehod v tkiva (diapedeza),
    - nekatere celice - v tkivih več mesecev, druge nekaj dni;
- limfociti: nastajajo in se shranjujejo v limfatičnih tkivih (bezgavke, vranica, timus, limfni vozliči po telesu in Payerjevih ploščah v črevesu);
  - monociti: v krvi 10 – 20 ur → prehod v tkiva → tkivni makrofagi (življenjska doba več mesecev);
  - limfociti - stalno kroženje po telesu:
    - življenjska doba odvisna od potreb organizma (običajno več mesecev)

372

## 4.4 GIBANJE LEVKOCITOV:

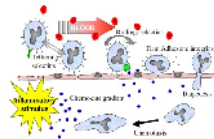
- oblike gibanja:
  - diapedeza,
  - ameboidno gibanje,
  - fagocitoza;
- levkociti se gibljejo v smeri proti določeni kemični snovi = **pozitivna kemotaksija (taksis = gibanje)**;
- povzročajo jo:
  - bakterijski ali virusni toksini,
  - produkti razgrajenih bakterijskih ali tkivnih celic,
  - produkti koagulacije krvi,
  - interlevkini (IL-1),
  - druge snovi iz vnetnega področja;



373

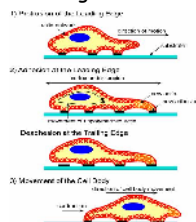
## A) Diapedeza:

- proces prehajanja skozi pore v kapilarnih stenah (< od premera levkocitov) – na osnovi pozitivne kemotaksije;



## B) Ameboidno gibanje:

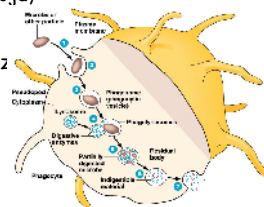
- omogoča prehod nevtrofilcev in makrofagov skozi tkivo;



374

## C) Fagocitoza:

- požiranje bakterij in drugih delcev,
- vplivi:
  - mehanično draženje (hrapavost površine),
  - razlike v električnem naboju,
  - prepoznavanja na osnovi imunoloških mehaniz



375

## 4.5 FUNKCIJE LEVKOCITOV

- vsi tipi levkocitov - obramba organizma pred:
  - bakterijami, virusi, paraziti ali
  - drugimi tujimi beljakovinami oziroma tujki, ki vdrejo v organizem.
- vsak posamezni tip levkocitov ima pri tem posebno vlogo;
- čeprav so prisotni v krvi, običajno delujejo ekstravaskularno (izven krvnih žil – v tkivih).

376

## A) Nevtrofilni granulociti (nevtrofilci):

- najštevilnejši levkociti (50 – 70 %) v krvi,
- število naraste po bakterijskih okužbah,
- dobra sposobnost gibanja: iz krvi v nekaj minutah lahko migrirajo na področja vnetij v tkivih (kemotaksa – citokini)
- **Vloge nevtrofilcev:**
  - **mikrofagi:** fagocitirajo mikroorganizme (5 do 20) → encimi v citoplazmatskih zrnih → prebava tujkov;
  - izločanje topnih protimikrobnih snovi, citokinov;
  - mrtvi nevtrofilci – sestavni del gnojnega eksudata (na mestu vnetja)

377

## B) Eozinofilni granulociti (eozinofilci):

- število: 1-3% levkocitov;
- zrnca vsebujejo različne kemične mediatorje, npr. histamin, encime in alkalne proteine → izločanje po aktivaciji eozinofilca → strupeni za parazite in tkivne celice;
- zelo gibljivi: kri → prebavila, pljuča, koža (področja vnetij ali parazitarne invazije);
- manjša sposobnost fagocitoze kot nevtrofilci;
- **Funkcije eozinofilcev:**
  - mediatorji pri alergijskih procesih (skupaj z bazofilci),
  - obramba pred paraziti (helminthi) → povečanje ob invazijah parazitov,
  - kopičenje v tkivih, kjer je prišlo do alergijske reakcije,
  - sodelujejo pri nekaterih fizioloških procesih, npr. razvoju mlečne žleze po puberteti, pojavnem ciklusu

378

## C) Bazofilni granulociti (bazofilci):

- vsebujejo velika citoplazemska zrnca, ki vsebujejo mediatorje vnetja → sodelujejo v vnetnih reakcijah.
- **nahajanje:**
  - v prebavilih, pljučih, koži – najpogostejša mesta vdora tujkov,
  - Majhno št. v krvi (< 1%);
- nimajo sposobnosti fagocitoze,
- **Funkcije bazofilcev:**
  - pojavljajo se pri številnih specifičnih vnetjih, predvsem alergijskih;
  - vsebujejo antikoagulant heparin → preprečujejo strjevanje krvi,
  - vsebujejo vazodilatator histamin → pospešuje dotok krvi v tkiva;
  - v velikem številu na mestu invazije z zunanjimi paraziti (npr. klopi).

379

### D) Limfociti:

- delež v krvi: 20-35% levkocitov (50-70 % govedo, ovca, koza, ipd)
- kroženje (recirkulacija): limfni vozli in tkiva → limfa → kri (nekaj ur) → tkiva → limfa;
- življenjska doba: 100 - 300 dni (do nekaj let);
- **Razdelitev in vloga limfocitov:**
  - celice ubijalke (obramba organizma pred tumorskimi in z virusi inficiranimi celicami)
  - mali limfociti:
    - limfociti B (nastajanje - kostni mozeg, jetra in prebavila) → humoralna imunost - nastajanje protiteles;
    - limfociti T (nastajanje - timus) → celična imunost;

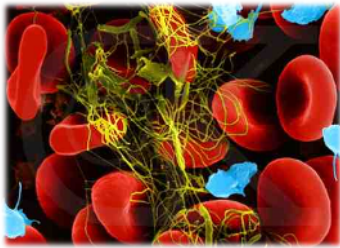
380

### E) Monociti:

- delež: 1-6 % vseh levkocitov;
- največji levkociti;
- velika sposobnost ameboidnega gibanja, diapedeze → prehajanje v tkiva → zasidranje ali počasno premikanje, nabrekanje (lizosomi) → tkivni makrofagi;
- **velika sposobnost fagocitoze:**
  - več kot 100 bakterij (ali drugih delcev),
  - sposobnost odstranjevanje razpadlih produktov in fagocitiranih delcev,
- življenjska doba dolga (nekaj mesecev ali let).

381

## 5 TROMBOCITI IN KOAGULACIJA KRVİ



382

### 5.1 SPLOŠNE LASTNOSTI TROMBOCITOV

- pri sesalcih - okroglaste ploščice ali paličasta telesa (premer okoli 3  $\mu\text{m}$ ),
  - pri pticah - vretenaste celice, ovalno jedro (7 x 10  $\mu\text{m}$ );
- nastanek - iz megakariocitov;
- trombociti so stalno prisotni v krvi;
  - zunaj krvnega obtoka naglo propadejo (groba površina, kolagen);
- aktivirajo se ob poškodbah krvnih žil → sodelovanje pri procesih strjevanja krvi,
- število (>L, <ER): 150-700 x10<sup>9</sup>/L krvi
- življenjska doba: 8 - 11 dni;

383

### Število trombocitov v krvi domačih živali:

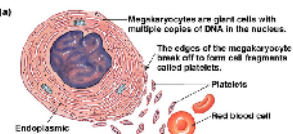
| Vrsta  | Število (n x 10 <sup>9</sup> /L) |
|--------|----------------------------------|
| konj   | 200 - 500                        |
| govedo | 260 - 700                        |
| ovca   | 170 - 180                        |
| koza   | 300 - 330                        |
| prašič | 150 - 550                        |
| pes    | 200 - 260                        |
| mačka  | 170 - 370                        |

- znižanje števila pod normalno vrednost = **trombocitopenija**:
  - → obsežne krvavitve;
- povečanje števila nad normalno vrednost = **trombocitoza**:
  - → nastajanje krvnih koagulumov, ki zamašijo žile (tromboza) → možganska kap, miokardni infarkt, pljučna embolija ...

384

### 5.2 TROMBOCITOGENEZA

- **nastajanje trombocitov:**
- v fetalnem obdobju: v jetrih, vranici, kostnem mozgu
- pri odraslih sesalcih: iz megakariocitov;
  - iz vsakega megakariocita → med 5.000 in 10.000 trombocitov, <sup>(4)</sup>



385

### 5.3 FUNKCIONALNE LASTNOSTI TROMBOCITOV:

- trombociti prihajajo na mesto poškodbe krvne žile → sprememba strukture + sproščanje sestavin citoplazme → nastanek visoko reaktivne površine za nastanek krvnega strdka;
- to omogočajo posebne lastnosti trombocitov:
  - adhezivnost** - sposobnost prilepljanja na poškodovano, patološko spremenjeno notranjost krvnih žil ali na tujo površino;
  - agregacija** - proces medsebojnega zlepljanja;
  - viskozna metamorfoza** - nabrekanje in zlivanje, nastanek homogene viskozne mase;

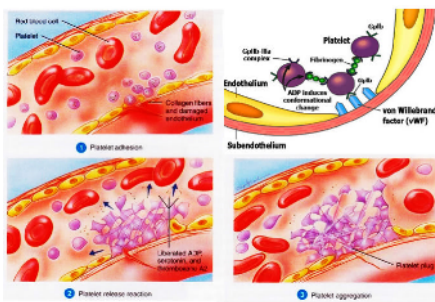
386

### 5.4 HEMOSTAZA in KOAGULACIJA KRVI

- mehanizmi, ki preprečujejo krvavitve = hemostaza;**
- poškodba stene krvne žile → "izpostavitve" kolagena in sproščanje kemičnih snovi iz poškodovanih endotelnih celic:
  - na kolagen se lepijo in aktivirajo trombociti → sproščanje različnih faktorjev na področje okoli poškodbe;
  - izločene kemične snovi povzročijo vazokonstrikcijo (zmanjšanje preseka žile);
- spremenbe povzročijo **koagulacijo krvi** - **najpomembnejši proces hemostaze**:
  - kompleksen proces, ki omogoča, da iz tekoče krvi nastane želatinozen koagulum;
  - sodelujejo trombocitni in plazemski faktorji koagulacije krvi → kaskadni ali verižni sistem aktivacije (Morawitz);
  - biokemične reakcije koagulacije krvi vodijo do nastanka fibrinske mreže - krvnega strdka;

387

### Hemostaza - nastanek primarnega krvnega strdka



388

### A) Faktorji koagulacije krvi (F):

- večina faktorjev koagulacije - prekursorji (zimogeni) proteolitičnih encimov → aktivacija ob določenih dražljajih;
- nekateri faktorji koagulacije krvi - vloga beljakovinskih kofaktorjev;
- imenovanje (posamezni faktor ima lahko več imen!):
  - zaporedne rimske številke (I - XIV),
  - trivialna imena,
  - učinek,
  - priimki oseb (pacientov), pomembnih za odkritje;
- nastajanje - jetra (vloga vitamina K!)

389

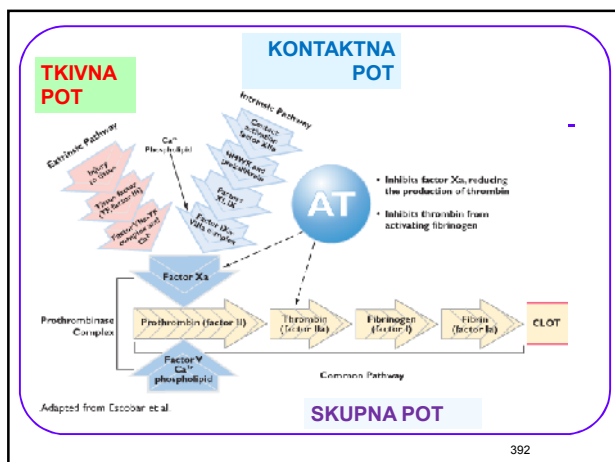
### B) Procesi pri koagulaciji krvi:

- koagulacija krvi v organizmu nastopi po poškodbi krvne žile;
- trombocit se lepijo na kolagen (**adhezija**) → aktivacija Tr,
- aktivirani Tr sproščajo zrnca v krvno plazmo:
  - trombocitni faktorji koagulacije: sodelujejo v nadaljnjem poteku koagulacije,
  - serotonin: povzroča oženo žil na mestu poškodbe,
  - ADP: pospešuje agregacijo in preobrazbo trombocitov (pozitivna povratna zveza razgradnje trombocitov);
- sekundarna agregacija + viskozna metamorfoza → nastanek amorfne mase → primarni krvni strdek**

390

- koagulacijska kaskada ima dve poti,
  - kontaktna pot (intrinzična - notranja),**
    - sproži se ob prisotnosti tuje površine (npr. *in vitro*),
    - pomen kontaktne poti za koagulacijo krvi - manjši,
    - pomembna vloga pri vnetjih
  - tkivna pot (ekstrinzična - zunanja) → primarna pot (pomembnejša kot kontaktna);**
    - glavna vloga - aktivacija sproščanja trombina;
- končni produkt obeh poti enak - aktivirani faktor X (Fxa) → skupna pot, ki vodi do aktivacije (nastajanja) fibrina.**
  - pomembna vloga pri procesih -  $\text{Ca}^{2+}$ ;

391



392

## Skupna pot:

- 1. **Faza aktivacije protrombina:**
  - Fxa, Fva,  $Ca^{2+}$ : pretvorba protrombina v trombin;
  - Vloge trobina:
    - aktivacija fibrinogena (pretvorba v fibrin)
    - z mehanizmom pozitivne povratne zveze omogoča vzdrževanje koagulacijske kaskade;
- 2. **Pretvorba fibrinogena v fibrin in stabilizacija fibrina:**
  - trombin povzroči polimerizacijo fibrinogena:
    - po dolžini → S-fibrin (topni, solubilni)
    - prečno → netopna oblika fibrina → krvni strdek

393

## 3. Krčenje in raztapljanje krvnega strdka:

- pomen: ponovna vzpostavitev krvnega obtoka skozi poškodovano žilo;
- krčenje (retrakcija) krvnega strdka:
  - začne se 30 - 60 min po nastanku;
  - ob tem se iz strdka iztisne krvni serum (= "sokrvica");
- raztapljanje fibrina in fibrinogena (fibrinoliza):
  - povzroči odstranitev krvnega strdka po zacelitvi rane

394

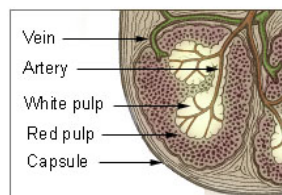
## C) Zaviranje koagulacije:

- mehanizmi, ki omogočajo, da koagulacija krvi ne preseže stopnje, ki je nujna za ustavljanje krvavitve:
  - zaviranje nastanka trombina,
  - zaviranje adhezije in aktivacije trombocitov;
- pri procesih sodelujejo:
  - proteini aneksinske družine (zaviralni vpliv na zunanjo in notranjo pot strjevanja krvi);
  - antitrombini (I, II, III);
  - heparin (nastaja v tkivnih bazofilcih)
    - uporaba v praksi: antikoagulant (in vitro), zdravilo

395

## 6 FIZIOLOŠKA VLOGA VRANICE

- vranica - največji limfatični organ v telesu;
- sestava:
  - bela pulpa - limfociti (limfatično tkivo);
  - rdeča pulpa - vsebuje makrofage;



396

397

## Funkcije vranice

- proizvodnja krvnih celic:
  - limfocitov, monocitov
  - drugih krvnih celic (ob povečanih potrebah),
- rezervoar krvi (zlasti Er) - v venskih sinusih:
  - nenadna povečana potreba po  $O_2$  → krčenje vranice → iztiskanje Er v krvni obtok;
  - sproščanje - vpliv simpatikusa, hormonov sredice nadledvične žleze;
- odstranjevanje ostarelih Er iz krvnega obtoka:
  - hemoliza v venskih sinusih,
  - fagocitiranje (tkivni makrofagi) → razgradnja na posamezne komponente;
- obramba pred patogenimi mikroorganizmi;
- vloga v presnovi:
  - sinteza žolčnih barvil,
  - shranjevanje žleza iz propadlih eritrocitov;

398

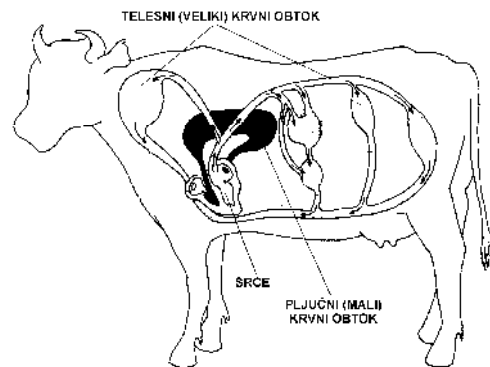
## 6 Fiziologija obtočil

399

## 6.2 FIZIOLOGIJA KRVNEGA OBTOKA

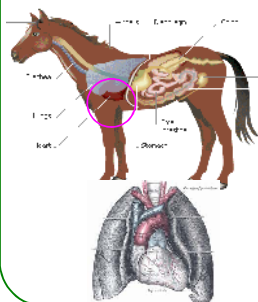
- **srce:**
  - središče telesnega (velikega) in pljučnega (malega) krvnega obtoka
  - s krčenjem ustvarja najvišji in najnižji tlak v ožilju → omogoča kroženje (pretok) krvi.
- **krvne žile** (krožni sistem):
  - arterije (→ arteriole),
  - kapilare,
  - (venule) vene,
- **limfni sistem** (enosmerni sistem).

400



401

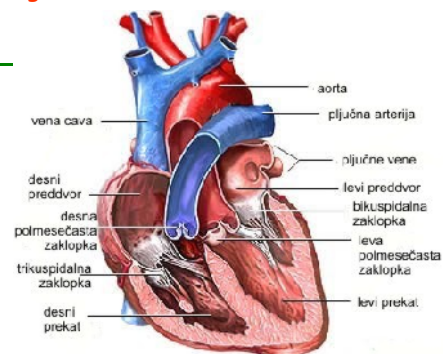
## 6.2.1 FIZIOLOGIJA SRCA



- osrednji organ obtočil;
- votla mišica,
- lega:
  - v spodnji polovici srednjega dela prsnega koša,
  - v mediastinumu med obema pljučnima kriloma.
  - več kot polovica - na levi strani.

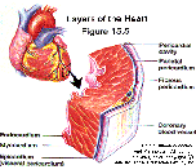
402

## A) Zgradba srca:



403

### Stena srca:



- **endokard:**
  - tanka membrana, ki pokriva notranjost srca;
  - nadaljevanje notranje plasti krvnih žil;
  - oblikuje zaklopke.
- **miokard:**
  - mišična stena iz prečno progastih srčnih mišičnih vlaken;
  - mišična vlakna - povezana s vzdolžnimi in bočnimi stičnicami → prevajanje vzbujenja;
  - prekatni - debel, predvorji - tanek.
- **epikard:**
  - zunanja serozna prevleka srca;
  - na bazi srca se previje v notranji serozni list osrčnika.

404

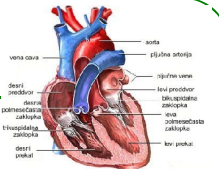
### Osrečnik (perikard):



- serozna vreča, ki obdaja srce;
- notranjim in zunanjim delom - votlina, ki vsebuje nekaj tekočine → zmanjšuje trenje ob neprekinjenem delovanju srca.
- **Govedo:**
  - srce v prsni votlini ločuje od kapice v trebušni le trebušna prepona;
  - tujki v kapici - zaradi njenega krčenja: prebijejo steno → skozi trebušno prepono → osrečnik;
  - nastane vnetje = travmatski retikuloperikarditis (→ zastoja srca)

405

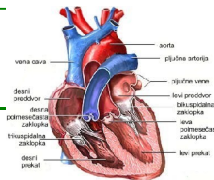
### B) Srčne zaklopke:



- **Funkcija** - usmerjanje toka krvi,
  - prehajanje v smeri nižjega tlaka,
  - preprečevanje povratnega toka;
- **atrioventrikularni zaklopki** - med predvoroma in prekatoma:
  - L - bikuspidalna (mitralna),
  - D - trikuspidalna;
- **polmesečasti zaklopki** - na ustju velikih krvnih žil:
  - pljučne arterije,
  - aorte.

406

### Funkcija zaklopk:

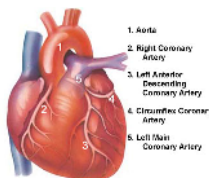


- **atrio-ventrikularne:**
  - odpiranje: pri povečanju tlaka v predvorih → kri preide v prekata;
  - zapiranje: pri povečanju tlaka v prekatu (**sistola prekatov**) → preprečen povratni tok krvi v predvor,
- **polmesečaste:**
  - odpiranje: pri povečanju tlaka v prekatu (**sistola prekatov**) → kri preide v aorto oz. pljučno arterijo,
  - zapiranje: pri znižanju tlaka v prekatu (**diastola prekatov**) → preprečen povratni tok krvi nazaj v prekat.

407

### C) Prehrana in presnova srca

- srce nižjih vretenčarjev - sprejema hranilne snovi neposredno iz krvi,
- srce sesalcev in ptic - se oskrbuje po **koronarnem (venčnem) sistemu**;
- koronarne arterije se odcepijo iz aorte neposredno nad polmesečastimi zaklopkami;
- venozna kri se iz miokarda vrača po veliki srčni veni (→ desni predvor).



408

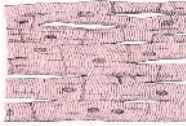
- **kritje energetskih potreb srca:**
  - ogljikovi hidrati (glukoza)
  - organske kisline (piruvična, mlečna in glutaminska kislina, oksikisline, ketokisline in aminokisline)
- **poraba O<sub>2</sub>:**
  - v 1 uri: 10 - 15 ml/100 g tkiva,
  - izkoristek 10 - 15 vol. % O<sub>2</sub> v krvi (druga tkiva povprečno. 5 %)

409

## D) Fiziološka zgradba srca:

### Srčna mišičnina:

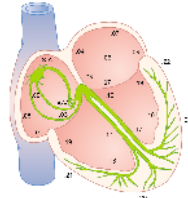
- prečnoprograste mišične celice:
- se vejičijo, stikajo s sosednjimi celicami → kompleksna mreža = **srčni fiziološki** (funkcionalni, elektrofiziološki) **sincicij** (zlitje celic)
- sincicija preddvora in prekata sta ločena z veznim tkivom.
- meja med dvema mišičnima celicama - **spojna plošča** → hiter prehod ionov → do 400-krat hitrejši prehod dražljaja med dvema zaporednima celicama, kakor vzporednima



410

## Sistem za nastanek in prevajanje impulza (srčno prevajalo):

- specializirane celice miokarda, ki spontano proizvajajo akcijske potenciale
- odgovoren za pravilno zaporedje krčenja posameznih delov srca.



411

### sinusni vozli (SV):

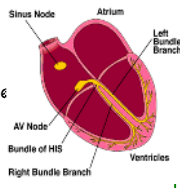
- v desnem preddvoru;
- spontano vzdražljivo tkivo - **ritmovnik** → nastanek osnovnega dražljaja za delovanje srca,
- **srce lahko deluje samostojno izven organizma = avtomatizem;**
- širjenje a.p. v koncentričnih krogih → krčenje preddvora

### atrio-ventrikularni vozli (AVV):

- med preddvorom in prekatom;
- prenos dražljaja s preddvora na prekat,
- uravnava (synchronizacija) delovanja srca

### Hissov snop - izhaja iz AVV:

- 2 veji, ki vodita do vrha srca → drobne vejice (**Purkinjeva vlakna**) → okoli prekatov,
- naglo prevajanje dražljaja do celic miokarda.



412

## Vzdražljivost srca:

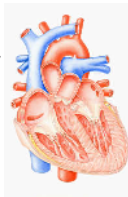
### zakon vse ali nič (značilnost vzdražljivih tkiv):

- če je dražljaj prešibak, da bi dosegel prag dražljaja, se srce ne skrči,
- če dražljaj doseže prag, se srčna mišičnina skrči maksimalno,
- po povečevanju jakosti dražljaja se ne krči še bolj;
- vzrok - vsa vlakna miokarda so med seboj povezana, vzdraženje enega vlakna se prenese na vsa!

413

## E) Srčni ciklus (srčna revolucija)

- mehanski, biokemični, elektrofiziološki procesi v srcu med krčenjem,
- se ciklično (ritmično) ponavljajo;
- faze glede na gibanje celega srca:
  - **sistola** (srce se skrči),
  - **diastola** (srce se sprosti, postane ohlapno),
  - **pavza** (srce miruje);
- faze glede na gibanje krvi:
  - polnjenje srca (diastola in pavza)
  - praznjenje srca (sistola)



414

### Diastola preddvorov:

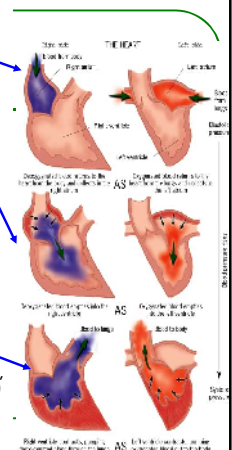
- miokard postane ohlapen,
- preddvori se polnijo s krvjo,
- AV zaklopke na začetku zaprte.

### Sistola preddvorov (+ diastola prekatov):

- krčenje miokarda preddvorov + padec tlaka v prekatih,
- → iztiskanje krvi v prekat
- zapiranje polmesečastih zaklopk - preprečen povratni tok krvi iz aorte, pljučne arterije

### Sistola prekatov:

- faza napenjanja mišic (povečanje tlaka → zapiranje AV zaklopk);
- faza iztiskanja (krčenje mišic → povečanje tlaka, odpiranje polmesečastih zaklopk) → kri v aorto, art. pulmonalis (v smeri nižjega tlaka)



## F) Srčna frekvenca, sistolični in minutni volumen srca:

### • Frekvenca srca:

- število krčenj srca v časovni enoti (v 1 min.);
- odvisna od stopnje bazalne presnove (in porabe kisika);
- obratno sorazmerje med velikostjo telesa in frekvenco srca: manjše / mlajše živali > velike / starejše;

416

## Srčna frekvenca pri nekaterih sesalcih:

| Vrsta                   | Srčna frekvenca (min <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|--------------------------------------|
| slon                    | 25 - 30                              |
| kamela                  | 25 - 32                              |
| konj                    | 28 - 42                              |
| govedo                  | 60 - 80                              |
| drobnica                | 70 - 80                              |
| prašič                  | 70 - 100                             |
| pes (glede na velikost) | 70 - 130                             |
| mačka                   | 70 - 120                             |
| miš                     | 550 - 650                            |

417

## Vpliv starosti na frekvenco srca (govedo):

| Kategorija – starost | Srčna frekvenca (min <sup>-1</sup> ) |
|----------------------|--------------------------------------|
| goveji fetus         | 154 – 175                            |
| tele – novorojeno    | 118 – 148                            |
| tele 2-4 dni         | 110 – 125                            |
| tele 1 mesec         | 100 – 115                            |
| tele - 3 mesece      | 90 – 105                             |
| tele - 6 mesecev     | 65 – 103                             |
| govedo - 1 leto      | 70 – 100                             |
| odrasla krava        | 60 - 80                              |

418

## Vpliv starosti na frekvenco srca (konj, prašič):

| Vrsta – starost   | Srčna frekvenca (min <sup>-1</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------------|
| žrebe 1 - 14 dni  | 80 – 120                             |
| žrebe 3 - 12 mes. | 47 – 76                              |
| konj (odrasel)    | 28 – 44                              |
| prašič (10-20 kg) | 120 – 180                            |
| prašič (30-45 kg) | 90 – 130                             |
| plemenska svinja  | 70 – 100                             |

419

## Frekvenca srca pri nekaterih pticah:

| Vrsta    | Srčna frekvenca (min <sup>-1</sup> ) |
|----------|--------------------------------------|
| puran    | 93                                   |
| kokoš    | 200 - 300                            |
| papagaj  | 320                                  |
| škorec   | 500 - 800                            |
| kanarček | 1000                                 |

420

### • Sistolični (udarni, iztisni) volumen:

- količina krvi, ki jo srce iztisne pri sistoli.

### • Minutni volumen:

- količina krvi, ki jo srce izčrpa v eni minuti
- odvisen od sistoličnega volumna (SV) in srčne frekvence (SF)

$$MV = SV \times SF$$

- pri velikem telesnem naporu lahko do 5-krat večji kot v mirovanju!

421

### Sistolični in minutni volumen pri nekaterih domačih živalih:

| Vrsta  | Sistolični volumen (ml) | Minutni volumen (L) |
|--------|-------------------------|---------------------|
| konj   | 852                     | 29                  |
| govedo | 580                     | 34,8                |
| ovca   | 53                      | 3,98                |
| koza   | 43                      | 3,02                |
| pes    | 14                      | 1,4                 |

Npr. govedo v mirovanju: srčni pretok v 24 h =  $29 \times 60 \times 24 = 41762$  L

422

### G) Srčni toni:

- **zvočni pojavi, ki spremljajo delovanja srca:**
  - vibracije (nihanja) tkiv → prenos na okolno tkivo → ojačanje na prsnem košu.
- **glavna srčna tona:**
  - 1. - sistolični (ob sistoli prekatov): nižji, bolj zamolkel ("buh"),
  - 2. - diastoločni (ob diastolo prekatov): višji, bolj glasen ("tup"),
- **vzporedni srčni toni (3. in 4.) se slišijo samo pri nekaterih vrstah živali;**
- **poslušanje** - pomembno v diagnostiki bolezni srca in krv. obtoka;
- **srčni šumi** - ob motnjah v delovanju zaklopke

423

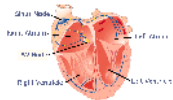
### H) Urejanje delovanja srca

- prilagajanje potrebam organizma po kisiku in hranilnih snoveh → stalno spreminjanje minutnega volumna)
- **mehanizmi:**
  - intrakardialni (v srcu),
  - ekstrakardialni (izven srca).

424

### Samouravnavanje (avtoregulacija) delovanja srca:

- **miogeni mehanizem:**
  - krčenje srca je močnejše, če je srčna mišica (omejeno) raztegnjena (Frank-Starlingov zakon srca),
  - povečano mišično delo → večji dotok krvi v srce → raztezanje mišičnine → boljše krčenje srca → boljše oskrba telesa s krvjo,
- **raztezanje sinusnega vozla:**
  - večji dotok krvi → večje raztezanje
  - sinusnega vozla → hitrejša nastajanje dražljajev



425

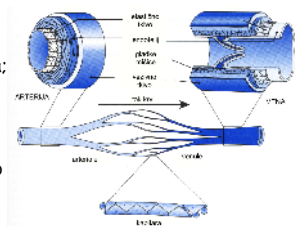
### Izvensrčno (ekstrakardialno) uravnavanje delovanja srca:

- **srčni center** (v podaljšani hrbtenjači): pospeševalni + zaviralni del
- v center prihajajo dražljaji:
  - po živčnih poteh iz ožilja (mehanični ali kemični dražljaji),
  - neposredno iz krvi (kemična sestava krvi /  $CO_2$ ,  $O_2$  in pH),
  - iz drugih področij živčnega sistema (skorja velikih možganov)
- delovanje - preko vegetativnega živčnega sistema:
  - **simpatikus**: pospeševanje (stimulacija) delovanja srca,
  - **parasimpatikus**: zaviranje (inhibicija) delovanja srca.

426

### 6.2.2 FIZIOLOGIJA KRVNIH ŽIL A) Zgradba in klasifikacija krvnih žil

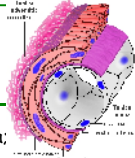
- krvne žile - zaprt sistem cevi, po katerem kroži kri.
- **arterije (odvodnice):**
  - odvajajo kri iz srca do organov;
  - uravnavanje krvnega tlaka;
- **kapilare:**
  - osnovni funkcionalni del krvnega obtoka;
  - skozi njihove stene - izmenjava snovi med krvjo in tkivi;
- **vene (dovodnice):**
  - dovajajo kri iz telesa v srce



427

## Stena krvnih žil

- **Plasti:**
  - **notranja plast** - endotelij + tanka plast veziva;
  - **srednja plast:**
    - največje arterije - iz elastičnih membran;
    - velike arterije - iz gladkega mišičnega tkiva → širi in oži lumen;
    - vene - iz veznega tkiva, mišičnih celic manj.
  - **zunanja plast** - iz veznega tkiva (povezuje žile z okolnim tkivom);
- v velikih žilah - manjše žile in živci za oskrbo stene;
- vene - zgradba sten odvisna od njihove oddaljenosti od srca:
  - nižje od srca - močnejše stene + zaklopke (preprečujejo vračanje krvi na periferijo).
- kapilare - tanka stena → prehod snovi.



428

## B) Gibanje krvi v ožilju (hemodinamika)

### Tok krvi:

- **laminaren:**
  - delci krvi tečejo drug preko drugega v obliki plasti (lamel) - ožje žile, kapilare
  - zaradi adhezijskih sil med krvjo in steno žile - neposredno ob steni tok najpočasnejši, v sredini najhitrejši;
- **turbulenten (vrtinčast):**
  - srce, velike žile (prehodi, zavoji, razcepi)



429

### Hitrost toka krvi:

- razdalja, ki jo delec krvi preide v časovni enoti (cm/s):
- vplivi na hitrost:
  - razlike v tlaku (med dvema deloma žile)
  - žilni upor toku krvi (odvisen od premera in dolžine žile, viskoznosti krvi).

| Žila             | Hitrost (cm/s) |
|------------------|----------------|
| aorta            | 50             |
| arterije         | 18             |
| kapilare         | 0,05 - 0,08    |
| vene             | 6 - 14         |
| velika dovodnica | 37             |

430

### Pretok krvi:

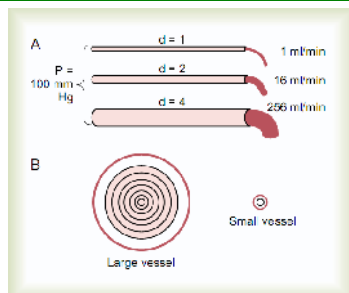
- količina krvi, ki v časovni enoti steče skozi področje žile (ml/min, ml/s)
- vpliv na pretok krvi:
  - premer žile (pretok - sorazmeren z  $r^4$ ) → majhne spremembe premera → velike spremembe pretoka;

| Tlak   | Premer (mm) | Pretok (ml/min) |
|--------|-------------|-----------------|
|        | 1           | 1               |
| 13 kPa | 2           | 16              |
|        | 4           | 256             |

- krvni tlak (večji tlak → večji pretok)
- viskoznost krvi (večja viskoznost → slabši pretok)

431

## Vpliv premera žil na pretok krvi



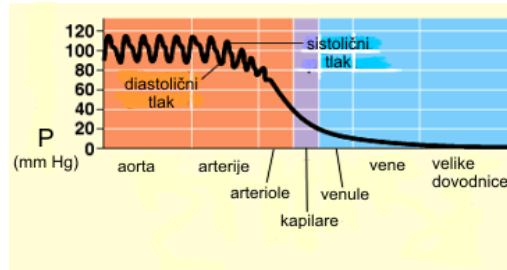
432

## C) Krvni tlak:

- tlak krvi v določenem področju ožilja;
- posledica:
  - delovanja srca,
  - odpora krvnih žil toku krvi (spremembe pretoka krvi),
  - hidrostatskega tlaka (v ožilju, nižjem od srca),
- vrednosti:
  - največje v aorti, najnižji v desnem atriju (0 kPa)
  - zmanjševanje tlaka v posameznih področjih krvnega obtoka je sorazmerno odporu v žilah v tem področju
- **Vpliv delovanja srca na krvni tlak:**
  - sistolični tlak (visok, posledica sistole)
  - diastolični tlak (nizek, spremlja diastolo)

433

### Spremembe krvnega tlaka v ožilju:



434

### Krvni tlak v vratni arteriji pri nekaterih živalih:

| Vrsta  | Sistolični tlak (mm Hg) | Diastolični (mm Hg) |
|--------|-------------------------|---------------------|
| konj   | 140 (120 - 180)         | 90 (70 - 130)       |
| govedo | 145 (120 - 190)         | 90 (70 - 130)       |
| ovca   | 135 (110 - 140)         | 90 (70 - 120)       |
| koza   | 130 (115 - 145)         | 85 (70 - 100)       |
| prašič | 130 (120 - 180)         | 90 (70 - 120)       |
| pes    | 130 (110 - 160)         | 90 (70 - 125)       |
| mačka  | 125 (110 - 160)         | 75 (60 - 100)       |
| kunec  | 110 (85 - 140)          | 65 (50 - 80)        |
| miš    | 110 (95 - 130)          | 70 (60 - 100)       |
| žirafa | 300 (260 - 350)         | 230 (160 - 300)     |
| kokoš  | 150 (120 - 200)         | 120 (100 - 150)     |
| puran  | 220 (200 - 240)         | 155 (140 - 170)     |

435

### Urejanje krvnega tlaka:

- krvni tlak v ožilju mora biti stalen, da omogoča tok krvi,
- **vplivi na krvni tlak:**
  - delovanje srca:
    - povečanje minutnega V → tlak naraste;
  - oženje in širjenje žil - lokalno uravnavanje krvnega tlaka:
    - oženje žile zmanjša pretok v žili, poveča tlak krvi pred njo
    - širjenje žile poveča pretok v žili, zmanjša tlak krvi pred njo
- **vplivi na oženje in širjenje žil:**
  - **lokalni** (kemični - CO<sub>2</sub>, presnovki, kisline, ADP, pH, K<sup>+</sup>)
  - **živčni** (simpatikus oži, parasimpatikus širi žile),
  - **hormonski** (adrenalin iz sredice nadledvične žleze).

436

### D) Arterijski krvni obtok

- **značilnosti:**
  - krvni tlak je relativno visok,
  - hitrost toka krvi je velika,
  - pojavlja se arterijski pulz in širjenje pulznega vala.
- **Arterijski pulz:**
  - pasivno, ritmično gibanje arterijske stene zaradi delovanja srca:
    - sistola - tlak naraste → arterija se raztegne;
    - diastola - tlak pade → arterija se zoži;
  - **zato - frekvenca pulza odgovarja srčni frekvenci!**

437

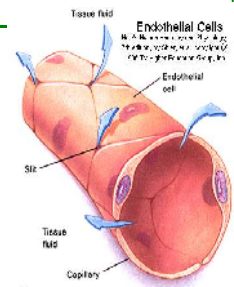
### E) Kapilarni krvni obtok

- **Kapilare:**
  - tanke (5 - 15 μm) in kratke (0,2 - 0,8 mm) krvne žile med arterijskim in venskim obtokom;
  - veliko število,
- skupna dolžina vseh kapilar velika (v človeškem telesu 60 - 80.000 km),
- v kapilarnem sistemu - okoli 5 % volumna krvi
  - V vseh kapilar nekajkrat večji kot V krvi v telesu → nevarnost „izkrvavitve“ v lastno ožilje!!!
- skozi steno poteka izmenjava snovi med krvjo in tkivi
- tok krvi počasen

438

### Zgradba kapilar:

- stena - iz enega sloja endotelialnih celic:
  - debelina 0,1 - 0,5 μm
- med endotelialnimi celicami - različno veliki medprostori:
  - napolnjeni z glikoproteini;
  - delujejo kot filter;
  - omogočajo prehod vode in nekaterih v njej raztopljenih snovi.



439

### Prepustnost (permeabilnost) kapilar

- **neprekinjene (kontinuirane)** - najbolj razširjene:
  - v endotelu ni opaznih prekinitev
  - delujejo kot polprepustni (selektivni) filter → prehod vode in nekaterih v njej raztopljenih snovi
- **oknaste:**
  - tanke endotelne celice z majhnimi odprtini (0,1  $\mu\text{m}$  ali manj) → difuzija vode in vodikovnih snovi, nekaterih makromolekul;
- **prekinjene:**
  - med posameznimi endotelnimi celicami - bazalna membrana prekinjena ali manjka
  - najbolj prepustne kapilare v telesu → prepuščajo tudi posamezne celice.

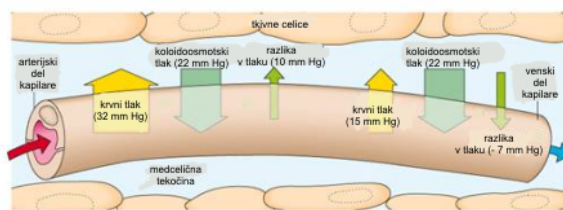
440

### Način izmenjave snovi med kapilarami in tkivom:

- **krvni tlak** - primarni dejavnik, ki omogoča prehod snovi iz kapilar v medcelični prostor;
- **osmotski (koloidosmotski) tlak** - sila, ki tekočino zadržuje v kapilah,
  - zaradi plazemskih albuminov (koncentracija v plazmi višja kot v medceličnem prostoru)
- **arterijski del kapilare:** krvni tlak (32 mm Hg) > koloidosmotski tlak (22 mm Hg) → tekočina prehaja iz kapilar v tkivo.
- **venski del kapilare:** krvni tlak (15 mm Hg) < koloidosmotski tlak → tekočina prehaja iz tkiva v kapilare.

441

### Starlingov zakon kapilar



442

- največji del izmenjave med kapilarami in medcelično tekočino - difuzija vode in v njej raztopljenih snovi:
  - v času, ko kri teče skozi kapilare, se voda iz plazme 80-krat zamenja z medcelično tekočino;
- v maščobah topne snovi, npr.  $\text{O}_2$  in  $\text{CO}_2$ , prehajajo skozi lipidni del kapilarne membrane.
- v maščobah netopne snovi (npr. elektroliti, glukoza, urea) prehajajo skozi pore.
- velike, v maščobah netopne snovi, npr. beljakovine, difundirajo slabo.

443

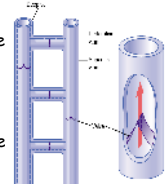
### F) Venski krvni obtok

- **Značilnosti:**
  - tlak krvi je nižji kot v arterijskem sistemu:
    - najmanjše vene: 15 mm Hg,
    - večje vene: 7,5 mm Hg,
    - velike dovodnice: 0 mm Hg,
  - hitrost krvi je manjša kot v arterijskem sistemu
  - vene so tudi skladišče krvi

444

### Vplivi na tok venske krvi:

- razlike v tlaku v krvnem obtoku (tlak v arterijskem delu obtočil je velik, v venskem majhen);
- tlak v prsnem košu med dihanjem (med vdihom se tlak zmanjša, dotok krvi se poveča);
- negativni tlak pri ohlapitvi srčnih preddvorov;
- zapiranje in odpiranje venskih zaklopk;
- hidrostatski tlak (posledica delovanja težnostne sile na kri):
  - iz področij nad nivojem desne polovice srca kri hitreje priteka
  - iz področij pod nivojem kri priteka počasneje (okončine)



445

### Venski pulz:

- **negativni venski pulz** - posledica zadrževanja krvi v venah pred srcem
  - vene se razmeroma počasi napolnijo s krvjo in naglo izpraznijo, ko kri steče v srce → vene utripajo navznoter
- **pozitivni venski pulz**:
  - pri motnjah pri zapiranju desne atrio-ventrikularne zaklopke,
  - pri vsaki sistoli ventrikla del krvi steče nazaj v dovodnico; vene utripajo navzven

446

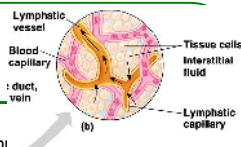
### 6.2.3 LIMFATIČNI SISTEM

- "drenažni" sistem organizma (odstranjevanje tekočine iz tkiv),
- nahaja se v vseh tkivih,
- enostransko zaprti sistem z enosmernim tokom limfe;
- **funkcije**:
  - vračanje tekočin in beljakovin, ki se ne odvajajo po kapilarah, iz medceličnega prostora v krvni obtok,
  - prenos maščobnih kapljic iz črevesja v krvni obtok,
  - filter, ki lovi in uničuje tujke ("limfatični sistem")

447

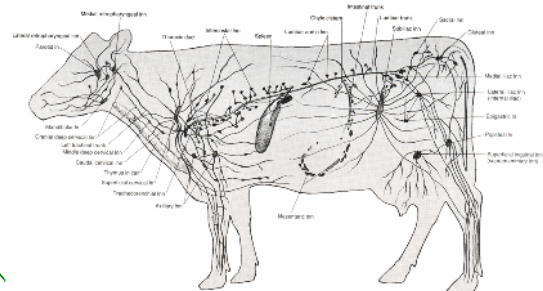
### Tok limfe:

- **limfne kapilare**:
  - začenejajo se v tkivih (na koncih zapi med kapilarno mrežo,
- **združevanje v večje limfne žile in žile**
  - uravnavanje toka limfe - enosmerne zaklopke v limfnih žilah,
  - odseki med posameznimi zaklopkami se krčijo in potiskajo tekočino naprej,
- **limfne žile vodijo limfo skozi bezgavke**:
  - v notranjosti - imunsko aktivne celice,
- **vse limfne žile se združijo v dva voda**:
  - desni limfni vod (D stran glave, vratu in prsnega koša),
  - prсни vod (L stran glave, vratu, prsnega koša, zadnji del telesa)
  - vlivata se v veliko dovodnico pred srcem.



448

### Limfatični sistem pri govedu



449

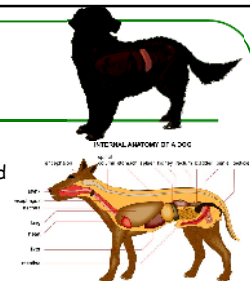
### Lastnosti in sestava limfe:

- brezbarvna ali rahlo belkasta tekočina slabo alkalne reakcije
- **Kemična sestava**:
  - **anorganske sestavine** - voda (94,3 - 96,4%), soli (manj kalija, kalcija in fosfatov kakor krvna plazma)
  - **organske sestavine** - beljakovine, fibrinogen, urea, maščobe, holesterol
- **Limfne celice**:
  - levkociti - pred bezgavko 300/μl, za bezgavko do 30.000/μl
  - limfociti (94 - 98%)
  - monociti (2 - 4%)

450

### 6.2.4 Vranica

- limfatični organ - pomembna vloga v specifični obrambi organizma pred mikroorganizmi;
- pokriva jo serozna prevleka,
- tesno povezana z želodcem
- v prsnem delu trebušne votline pod levim podrebrjem.

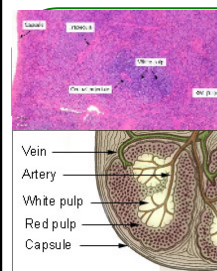


451

### Vloga vranice

- v embrionalnem življenju - proizvaja Er;
- kasneje - jih odstranjuje iz krvnega obtoka:
  - ostareli Er - makrofagi jih fagocitirajo → razgradnja na posamezne komponente;
  - shranjevanje železa iz propadlih eritrocitov;
- fagocitoza bakterij in virusov;
- rezervoar krvi (zlasti Er) - v venskih sinusih:
  - nenadna potreba po Er organizmu → krčenje vranice → iztiskanje Er v krvni obtok;
  - konji, psi - ob vznemirjenju ali fizičnem naporu nagel dvig deleža Er v krvi za 40 do 50%.

452



### Zgradba:

- **vezivna kapsula** (→ pretini (= trabekule) v notranjosti);
- **parenhim**:
  - **bela pulpa** - limfatično tkivo, ki obdaja arterije;
  - se mestoma razširi v folikle = vranična telesca.
  - **rdeča pulpa** - iz pasov retikulumskih celic, ki se prepletajo z venoznimi sinusi;
  - zapolnjena s krvnimi elementi.

### Oskrba s krvjo:

- arterije → čopičaste arteriole → tuličaste kapilare → v tkivo rdeče pulpe:
  - se očisti in obogati z limfociti;
- rdeča pulpa → vene → vranična vena → dverna vena;

453

## 7 FIZIOLOGIJA DIHANJA

454

- aerobna presnova v celicah živali je odvisna od:
  - stalne oskrbe z  $O_2$  in hranilnimi snovmi ter
  - stalnega odstranjevanja  $CO_2$  in odpadnih produktov

### Žival lahko preživi:

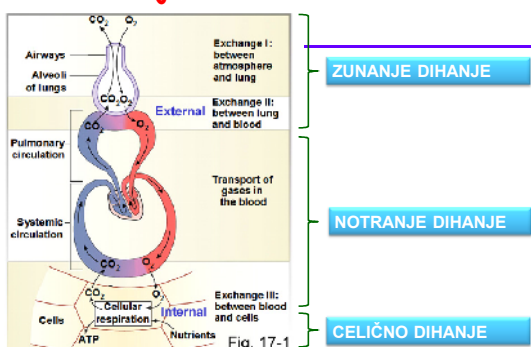
- brez hrane - več tednov,
- brez vode - več dni,
- brez kisika - nekaj minut;

### funkcije dihal:

- izmenjava plinov ( $O_2$  in  $CO_2$ ) med atmosferskim zrakom in krvjo;
- ohranjanje kislinosko-bazičnega ravnotežja (pH) telesnih tekočin,
- pomoč pri urejanju telesne temperature,
- oglašanje (fonacija),
- zaščita pred (vdihanimi) patogeni in nevarnimi snovmi,

455

### Faze dihanja:



456

### Faze dihanja:

#### zunanje dihanje (ventilacija):

- izmenjava plinov med pljuči in atmosferskim zrakom;
- razporejanje zraka po pljučih,

#### notranje dihanje:

- izmenjava (difuzija) plinov med zrakom in krvjo (prehajanje  $O_2$  iz alveol v kri in  $CO_2$  iz krvi v alveole);
- prenos plinov po krvi ( $O_2$  iz pljuč do tkiv in  $CO_2$  iz tkiv v pljuča);
- izmenjave (difuzije) plinov med krvjo in tkivi ( $O_2$  iz krvi v celice in  $CO_2$  iz celic v kri);

#### tkivno (celično) dihanje:

- biokemični proces porabe  $O_2$  in nastanka  $CO_2$ , vod<sup>57</sup>in

## 1 FUNKCIONALNA ZGRADBA DIHAL

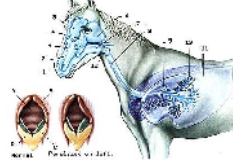
- Dihala (dihalni sistem) - sestavljena iz struktur, ki omogočajo dihanje (ventilacijo) in izmenjavo plinov:

- dihalna pot:**

- zgornji del dihal, zunaj prsne votline;
- nosnice, nosna votlina, žrelo, grlo,
- sapnik in sapnice;
- vodi zrak v pljuča;
- na poti do pljuč se zrak očisti,
- navlaži in segreje;

- pljuča:**

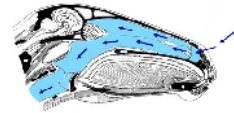
- spodnji del dihal, znotraj prsne votline;
- alveoli - področje prehoda plinov med zrakom in krvjo;
- prni koš: kosti in mišice, ki sodelujejo pri dihanju.



458

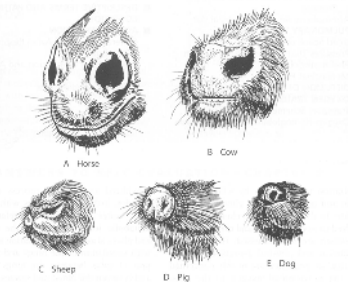
### 1.1 Dihalna pot

- povezuje pljuča z atmosfero;
- pokrita z dihalno sluznico:
  - enoskladen večvrstni migetalčni epitelij z vrčastimi celicami → izločanje sluzi;
  - migetalke odstranjujejo sluz v smeri proti žrelu.
- nosna votlina:**
  - zunanji vhod omejujeta nosnici
  - sluznica:
    - večji del - dihalna → ogreva in navlaži vdihani zrak,
    - v ozadju - vohalna;



459

### Vhod v nosno votlino-nosnice



460



- Nosnici:**

- omejujeta zunanji vhod v nosno votlino;
- stena - iz modificirane kože, čvrste hrustančne podlage in sluznice.

- Konj:**

- zelo gibljive nosnice → ob pospešenem dihanju se močno širijo → povečana oskrba z zrakom;
- ne diha skozi usta!

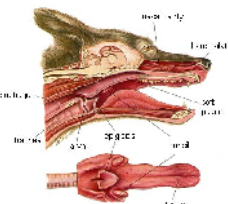
461

- žrelo (farings):**

- križanje prebavne in dihalne poti;
- med požiranjem se epiglotis (na korenu jezika) pasivno upogne preko grla, vhod v nosno votlino zapre mehko nebo → onemogočen prehod pogoltnjene hrane v dihalo.

- grlo (larinks):**

- srednji del - glasilo (glasilni gubi
- + raza glasilk);
- nastajanje glasov: ob kontroliranem
- prehajanju zraka skozi grlo → vibracije glasilnih gub.



462

### Sapnik (trahea) in bronhialno drevo:

- sapnik - po spodnji strani vratu → prsna votlina

- v steni - hrustančni obročki:

- na zgornji strani odprti → spreminja premer glede na potrebe po zraku.



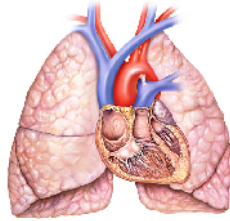
- Bronhialno drevo**

- sapnik se razcepi v 2 glavni sapnici (vstopita v pljuča);
- reženjske sapnice → segmentalne sapnice → sapničke → dihalne sapničke → alveolarni hodniki (obdani z pjučnimi mešički (alveole)).

463

## 1.2 Pljuča

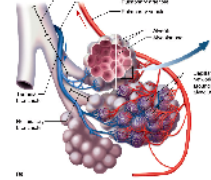
- glavni del dihalnega sistema (v prsni votlini),
- razdelitev - 2 pljučni krili;
- obdaja jih tanka serozna membrana - **popljučnica (plevra)**;
- prehaja na notranjo stran prsnega koša → **porebrnica**;



464

## Alveole:

- osnovna funkcionalna enota pljuč;
- izmenjava plinov med krvjo in zrakom,
- $r = 100-300 \mu m$ ,
- vsako alveolo obkroža mreža kapilar,
- skupna površina vseh alveol = **dihalna ali respiratorna površina**: 100-krat večja



465

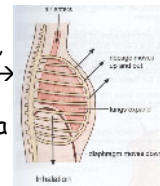
## 2 ZUNANJE DIHANJE

- izmenjava plinov med pljuči in atmosferskim zrakom;
- tok zraka v pljuča in iz njih - posledica razlik med atmosferskim tlakom in tlakom v pljuči:
  - atmosferski tlak je relativno konstanten;
  - tlak znotraj pljuč (= intrapulmonarni tlak) se spreminja**:
    - med vdihom pade (v primerjavi z atmosferskim) → atmosferski zrak vdira v pljuča,
    - ob izdihu naraste (v primerjavi z atmosferskim) → zrak zapušča pljuča.
- fazi dihalnega cikla:
  - vdih (inspirij),
  - izdih (ekspirij).

466

## A) Vdih:

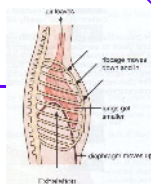
- povečanje prostornine prsnega koša zaradi:
  - pomika trebušne prepone proti trebušni votlini (prepona se splošči),
  - krčenja zunanjih medrebrnih mišic → premik reber naprej in navzven;
- v prsnem košu nastanek podtlaka (v primerjavi z atmosferskim);
- pljuča se pasivno raztezajo (sledijo spremembam prostornine prsnega koša);
- zunanj zrak vstopi skozi zgornje dihalne poti v pljuča (v smeri



467

## B) Izdih:

- prostornina prsnega koša se zmanjša zaradi**:
  - sprostitve vdihovalnih mišic,
  - sprostitve (ohlapanosti) trebušne prepone,
  - elastičnosti rebrnega hrustanca (med vdihom se raztegne);
- pljuča se vračajo v začetni položaj;
- tlak v njih naraste v primerjavi z atmosferskim → zrak zapušča pljuča (dokler se tlaka ne izenačita);
- izdih je pasiven proces (ne zahteva krčenja mišic);
- forsirano dihanje - aktivno (sodelovanje mišic)**:



468

## Tipi dihanja:

- trebušno dihanje**:
  - močno gibanje trebušne prepone;
  - širi in oži se predvsem trebuh;
  - značilno za govedo;
  - ob bolečih procesih v prsni votlini (npr. vnetje popljučnice) → ker bi premikanje prsnega koša živali povzročilo dodatno bolečino!
- prsno dihanje**:
  - močno širjenje in ožanje prsnega koša;
  - značilno za konja, psa;
  - ob bolečih procesih v trebušni votlini (npr. vnetje potrebušnice) → ker bi premikanje trebuha živali povzročilo dodatno bolečino!
- boleči procesi v trebušni votlini (npr. vnetje potrebušnice) → prsno dihanje (premikanje prebavih živali povzroči dodatno bolečino!)**;
- boleči procesi v prsni votlini (npr. vnetje popljučnice) → trebušno dihanje**.

469

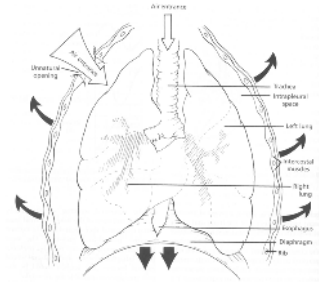
## 2.2 Vloga intraplevralnega prostora pri dihanju

- kapilarna reža med porebrnico in popljučnico (intraplevralni prostor) - napolnjen s serozno tekočino:
  - omogoča drsenje obeh membran pri gibanju prsnega koša;
  - preprečuje razmikanje porebrnice in popljučnice (sila lepenja);
- med porebrnico in popljučnico - podtlak
- = **intraplevralni tlak**:
  - omogoča, da pljuča prilegajo steni prsnega koša → lahko pasivno sledijo gibom prsnega koša in se ne sesedejo (kolabirajo).



470

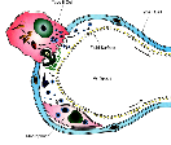
## Pnevmotoraks



471

## 2.3 Vloga elastičnosti pljuč

- pljuča se pri dihanju pasivno raztezajo in krčijo (s premiki prsnega koša);
- pomembna elementa za elastičnost pljuč sta:
  - **elastičnost pljučnega tkiva** - zaradi elastičnih in kolagenskih vlaken;
  - **površinska napetost**:
    - na površini alveol - teži h kolabiranju alveol (stisnjenju);
    - do kolabiranja alveol ne pride, ker se na njihovi površini nahaja surfaktant, ki zmanjšuje površinsko napetost površine in povečuje stabilnost alveol;



472

## 2.4 Mrtvi dihalni prostor

- **Področja dihal v katerih ni izmenjave plinov**:
  - nosna votlina, žrelo, grlo,
  - sapnik, sapnice.
- **Vloge**:
  - segrevanje in vlaženje vdihanega zraka,
  - vzdrževanje stalne sestave alveolarnega zraka,
  - očiščenje zraka prašnih in drugih majhnih delcev,
  - zadrževanje vode in toplote v telesu.
- zaradi mrtvega prostora samo del vdihanega zraka pride v alveole;

• delež glede na dihalni volumen: manjše vrste (npr. psi) - 33%; večje vrste (konji, goveda) - 50-75%

## 2.5 Frekvenca dihanja:

- število dihalnih gibov v minuti;
- **večja frekvenca dihanja** - živali z večjo bazalno presnovo:
  - z manjšo telesno maso,
  - mlade (rastoče) živali,
  - presnovno bolj obremenjene živali (breje, v laktaciji).
- **Minutni dihalni volumen (MDV)**:
  - količina zraka, ki v času ene minute preide skozi dihal;
  - določata jo dihalna frekvenca (fD) in dihalni volumen (VD):
  - **MDV = VD × fD**
  - ob povečanih potrebah po O<sub>2</sub> se MDV poveča zaradi:
    - povečane frekvenca dihanja,
    - povečanega dihalnega volumna ali
    - obojega;

474

- *Med večino bolezenskih stanj - frekvenca dihanja se poveča → merjenje pomembni diagnostični pripomoček;*
- *za pravilno interpretacijo - potrebno poznati in upoštevati vse zunanje in notranje dejavnike, ki v določenem trenutku lahko vplivajo nanjo.*
- *npr. pri ležečem prežvekovalcu v amp pritiska na trebušno prepono in*

475

## Frekvenca dihanja pri domačih živalih:

| Vrsta                   | Frekvenca [n/min] |
|-------------------------|-------------------|
| konj (odrasel)          | 8 - 16            |
| žrebe (1 mesec)         | 15 - 20           |
| govedo (odraslo)        | 10 - 30           |
| tele (1 teden)          | 50 - 60           |
| tele (1 mesec)          | 40 - 50           |
| drobnica                | 15 - 40           |
| prašič (100 kg)         | 10 - 25           |
| pes (glede na velikost) | 10 - 30           |
| kunec                   | 40 - 60           |
| hrček                   | 150 - 400         |

476

## MDV pri domačih živalih

| Vrsta             | MDV ( $l \cdot min^{-1} \cdot m^{-2}$ ) |
|-------------------|-----------------------------------------|
| konj(mirovanje)   | $63 \pm 8$                              |
| konj (lažje delo) | $114 \pm 35$                            |
| konj (težje delo) | $288 \pm 41$                            |
| govedo            | $68 \pm 10$                             |
| ovca (45 kg)      | $14,3 \pm 4,3$                          |
| koza (40 kg)      | $9,8 \pm 1,8$                           |

477

## 3 ČIŠČENJE DIHAL

- površina pljuč: ~125-x večja od površine telesa → pljuča močno izpostavljena delovanju različnih škodljivih snovi iz okolja.
- vdihovanje delcev iz okolja → nabiranje v pljučih (= depozicija):
- odstranjevanje delcev, ki jih je osebek vdihnil z zrakom = čiščenje dihal:

- čiščenje zgornjih delov dihal in

478

### iz zgornjih dihal

- s sluzjo in tekočino, ki jo izločajo žlezne celice,
- z migetalnim tokom ( $15 \text{ mm/min}$ ) do žrela,
- iz žrela - s požiranjem,

### iz alveol:

- resorpcija v limfne žile ali v kri,
- z migetalnim tokom,
- fagocitoza in odstranjevanje fagocitov s tokom sluzi,
- prehajanje v alveolarne epitelne celice, odstranjevanje skupaj s propadlimi celicami s tokom sluzi.

479

### Kašelj:

- zaščitni refleks pri vzdraženju receptorjev v sluznici grla, sapnika, bronhijev, bronhiolov, alveol;
- dražljaji: prašni delci, plini, hlapi, suh, vroč ali hladen zrak, bolezenska stanja (vnetja dihal)
- urejanje - center za kašelj v podaljšani hrbtenjači;

### Kihanje:

- zaščitni refleks, ki omogoča, da se nosni hodniki očistijo tujkov;
- posledica vzdraženja receptorjev v nosni sluznici in nosnih hodnikih;
- urejanje - center za kihanje (v podaljšani hrbtenjači);

480

## 4 NOTRANJE DIHANJE

### Notranje dihanje vključuje:

- izmenjavo dihalnih plinov (med krvjo in zrakom v pljučih, med tkivi in krvjo),
- transport plinov v krvi.

### pri notranjem dihanju imajo bistveno vlogo:

- parcialni tlaki (~koncentracije) dihalnih plinov,
- topnosti dihalnih plinov in
- difuzije dihalnih plinov (s področij večje proti področjem manjše koncentracije);

- osnovo za razumevanje izmenjave  $O_2$  in  $CO_2$  v pljučih in tkivih predstavljajo plinski zakoni;

481

- Parcialni (delni) tlak plinov** = tlak posamezne sestavine v mešanici plinov (vsota vseh parcialnih tlakov je tlak plinske zmesi);
- zato je parcialni tlak posameznega plina odvisen od tlaka zmesi plinov in deleža posamezne sestavine plinske zmesi;
- $$P = (p \times \text{vol. \%}) / 100$$
- Difuzija plinov:** plini se (tako kot tekočine) premikajo s področij z višjim proti področjem z nižjim tlakom;
  - enostavna difuzija  $O_2$  in  $CO_2$  med krvjo in pljuči oz. krvjo in tkivi poteka na osnovi razlik v njihovih parcialnih tlakih;
- Topnost plinov** v vodi je odvisna od:

• razlike v parcialnih tlakih;

• topnosti posameznega plina v vodi (fizikalna konstanta);

482

## Topnost plinov v vodi pri različnih temperaturah (ml/L $H_2O$ ) :

| Temperatura (C°) | $O_2$ | $CO_2$ | $N_2$ |
|------------------|-------|--------|-------|
| 0                | 48,9  | 1713   | 23,5  |
| 10               | 38,0  | 1194   | 18,6  |
| 20               | 31,0  | 870    | 15,4  |
| 30               | 26,1  | 665    | 13,4  |
| 35               | 24,4  | 592    | 12,6  |
| 40               | 23,1  | 530    | 11,8  |

483

## 4.1 IZMENJAVA DIHALNIH PLINOV

- difuzija** - najpomembnejši način prehajanja in izmenjave dihalnih plinov ( $O_2$  in  $CO_2$ ) s področij z višjim na področja z nižjim parcialnim tlakom;
- difuzijska površina** - površina alveol (prekrvljena s kapilarami) = respiratorna membrana;
  - ob fizični aktivnosti - prekrvljenost se poveča → povečanje difuzijske površine;

484

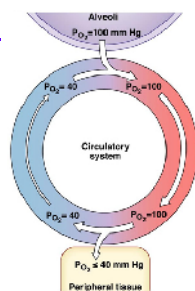
## Delni tlaki $O_2$ in $CO_2$ v zraku in telesu:

| Področje         | $PO_2$ [kPa] | $PCO_2$ [kPa] |
|------------------|--------------|---------------|
| Atmosferski zrak | 21,2         | 0,04          |
| Izdihani zrak    | 16,7 – 17,7  | 3,03          |
| Alveolarni zrak  | 14,5         | 5,2           |
| Arterijska kri   | 13           | 5,2           |
| Venska kri       | 5            | 6             |
| Tkiva            | 3 - 5        | 6 - 8         |

485

### A) Difuzija $O_2$ :

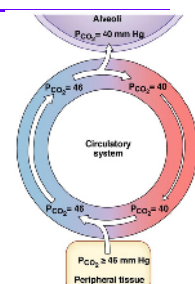
- parcialni tlak  $O_2$ :
  - največji v alveolah in
  - najmanjši v tkivih (kjer se porablja),
- zato  $O_2$  postopoma prehaja:
  - iz alveol v venozno kri (se oksigenira → arterijska)
  - iz arterijske krvi v tkiva (deoksigeniranje);



486

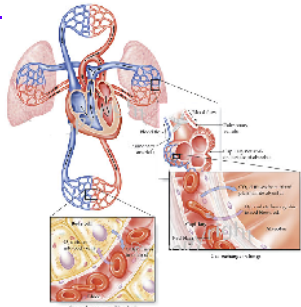
### B) Difuzija $CO_2$ :

- poteka v obratni smeri kot difuzija  $O_2$ ;
- ~20-x hitrejša kot difuzija  $O_2$ ;
- parcialni tlak  $CO_2$  je:
  - največji v tkivih, kjer nastaja pri procesih presnove,
  - najmanjši v alveolarnem zraku,
- zato  $CO_2$  postopoma prehaja:
  - iz tkiv v arterijsko kri (→ venozna)
  - iz venozne krvi v pljučne mešičke;
- kljub majhnim razlikam v  $PCO_2$  v različnih področjih - difuzija  $CO_2$



487

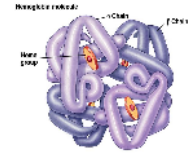
### Izmenjava dihalnih plinov telesu



488

### 4.2 PRENOS DIHALNIH PLINOV V TELESU

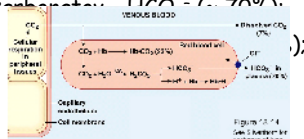
- A) Prenos kisika po krvi:**
- 97% prenosa  $O_2$  po arterijski krvi - vezava na hemoglobin (Hb);
  - Hb omogoča, da se v krvi prenese 30-100-x več  $O_2$  kot v raztopljenem stanju;
    - samo 3% prenosa  $O_2$  - v raztopljenem stanju (plazma, celična tekočina);
- vezava  $O_2$  na Hb:**
  - vsaka molekula Hb veže 4 mol.  $O_2$  → oksihemoglobin ( $HbO_2$ );
  - $O_2$  se veže na koordinacijsko vez (zelo rahla) in ostane v molekularni obliki (ne v ionski!);
  - alosterični učinek pri vezavi  $O_2$  na Hb: prva molekula  $O_2$  se veže najtežje, vsaka naslednja pa lažje; (po vezavi  $3O_2$  afiniteta naraste za 20-x);



489

### B) Prenos $CO_2$ :

- za organizem predstavlja manjši problem kot transport  $O_2$ ;
- $CO_2$  se prenaša v več oblikah:
  - v raztopljeni obliki -  $CO_2$  (~7%);
  - v obliki bikarbonatov -  $HCO_3^-$  (~70%);
  - v obliki karbaminov -  $CO_2$  (~23%);



490

### Prenos $CO_2$ v raztopljeni obliki:

- $CO_2$  difundira iz celic, kjer nastaja, v kri v molekularni obliki (zaradi razlik v  $P_{CO_2}$ );
- topnost  $CO_2$  v krvni plazmi - skoraj 20-x večja od  $O_2$ ;
- v krvni plazmi ni encima karboanhidraze, zato zelo počasi reagira z vodo (nastajanje ogljikove kisline!);
- večina  $CO_2$  iz plazme difundira v eritrocite,

### Prenos $CO_2$ v obliki karbamino spojin:

- vezava  $CO_2$  na proste aminoskupine v beljakovinski molekuli (~23% transporta) - Hb, beljakovine krvne plazme

491

### Prenos $CO_2$ v obliki bikarbonatov

- $CO_2$  v Er vstopa v kemične reakcije, ki so bistvene za njegov prenos:
 
$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$
- 1. nastanek ogljikove kisline (zaradi encima karboanhidraze);
  - tako se prenaša ~70%  $CO_2$  → glavni način transporta;
- 2. počasna, vendar stalna disociacija ogljikove kisline;
- 3.  $H^+$  se spajajo s Hb (puferska vloga Hb!);

492

### 5 UREJANJE DIHANJA

- prilagajanje dihal na različne potrebe organizma po kisiku in pogoje okolja omogočajo kontrolni sistemi, ki spremljajo:
  - kemično sestavo krvi,
  - aktivnost dihalnih mišic,
  - prisotnost tujih materialov v dihalih;
- končni rezultat: vzorec dihanja, ki omogoča preskrbo organizma s kisikom glede na trenutne potrebe;
- sistem mehanizmov povratne zveze, ki urejajo dihanje:**
  - CNS (centri v velikih možganih in možganskem deblu) uravnavajo aktivnost dihalnih mišic, ki omogoča alveolarno ventilacijo;
  - spremembe v alveolarni ventilaciji vplivajo na parcialne tlake  $O_2$  in  $CO_2$  ter pH krvi, ki jih nadzorujejo periferni in centralni kemoreceptorji;
  - mehano-receptorji in proprio-receptorji nadzorujejo raztezanje različnih delov dihal (pljuč, dihalnih poti)

493

## 5.1 Center za dihanje

- 
- The diagram illustrates the female reproductive system with the following components labeled:
- Penis and Vagina:** The entry point for sperm.
  - Uterus:** The organ where the embryo develops.
  - Ovary:** The organ that produces eggs.
  - Fallopian Tube:** The tube that carries the egg from the ovary to the uterus.
  - Site of Fertilization:** Indicated by a red dot in the fallopian tube, where the sperm and egg meet.
  - Embryo:** The developing organism, shown as a small red dot in the uterus.

494

## 5.2 Vplivi perifernega NS na urejanje dihanja

- 495

### 5.3 Kemično urejanje dihanja

- 
- Diagram illustrating the neural pathways for emotion, showing the connection between the brain (Frontal lobe, Temporal lobe, Medulla, Hypothalamus, Spinal cord) and the heart (Atrial appendage, Atrial, Ventricular, Vessel body).

496

## 5.4 Začetek dihanja pri novorojenih živalih

- 497

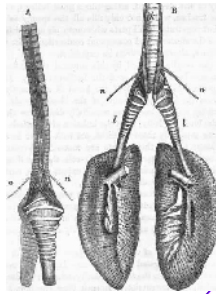
- 199

## 6 DIHALA IN DIHANJE PERUTNINE

- 499

### A) Dihalna pot:

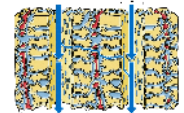
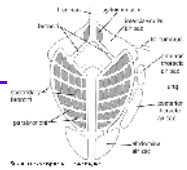
- ovalni nosnici (na zgornjem delu kljuna) → nosni votlini z rudimentarnimi nosnimi školjkam;
- nosni votlini komunicirata z ustno votlino in žrelom preko odprtine v obliki razpoke;
- sapnik (zelo dolga cev ki ima v steni sklenjene



500

### B) Pljuča:

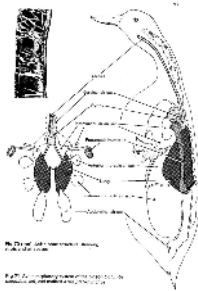
- relativno majhna, neelastična,
- z vezivnim tkivom priraskena na rebra in ledvena vretenca (→ ni interplevralnega prostora)
- funkcionalni del pljuč (izmenjava dihalnih plinov) – parabronhi:
  - razvrščeni skoraj vzporedno;
  - med njimi – zračne kapilare, ki jih obdaja mreža krvnih kapilar;
  - protitek zraka in krvi omogoča boljše izmenjavo dihalnih plinov;



501

### C) Zračne vrečke:

- perutnina ima (kot večina ptic) 9 zračnih vrečk:
  - 5 sprednjih (anteriornih) zračnih vrečk;
  - 4 zadnje (posteriorne) zračne vrečke;
- vrečke so v stiku z nekaterimi pnevmatiziranimi kostmi;



502

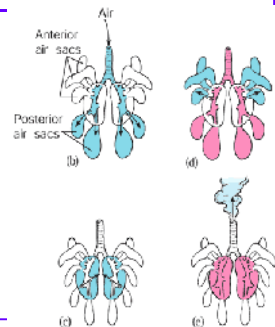
### 6.2 Dihalni cikel pri pticah:

- ptice nimajo trebušne prepone;
- pljučno ventilacijo omogočajo spremembe tlaka v zračnih vrečkah;
- **vdih:** povečanje volumna trebušno-prsne votline → podtlak v zračnih vrečkah → zrak vstopi v dihalo;
- **izdih:** krčenje določenih mišic → povečanje tlaka v zračnih vrečkah → iztiskanje zraka iz dihal;
- dihalni cikel ptic - dve fazi:
  - vsako fazo sestavljata vdih in izdih;
  - zato: ob vsakem ciklu 2 vdih in 2 izdiha

503

### Pot zraka v pljučih:

- **Prvi vdih:** zrak vstopi v zadnje zračne vrečke - (b);
- **Prvi izdih:** zrak iz zadnjih zračnih vrečk prehaja v pljuča (c);
- **Drugi vdih:** zrak preide v sprednje zračne vrečke (d);



504

### 6.3 Izmenjava dihalnih plinov pri pticah

- prehajanje dihalnih plinov med pljuči in krvjo: enostavna difuzija
- **proces zelo učinkovit:**
  - kompleksna mreža krvnih in zračnih kapilar predstavlja veliko dihalno površino;
  - krvno-zračna bariera, skozi katero poteka difuzija, je zelo tanka (najtanjša od vseh kopenskih vretenčarjev);
  - protitočni sistem v prehajanju krvi in zraka:
    - zračne in krvne kapilare ležijo pravokotno ene na druge;
    - učinkovitejše sprejemanje  $O_2$  v kri

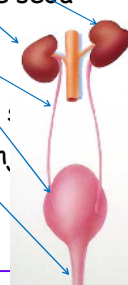
505

## 8 FIZIOLOGIJA IZLOČANJA

506

### Sečni organi:

- ledvica - parni organ; nastajanje seča (urina);
- parna sečevoda - odvajata urin;
- sečni mehur (sečnik) - zbiranje;
- sečnica - izločanje seča v zunan,



### 1 ZGRADBA LEDVIC

#### A) Anatomska zgradba ledvic

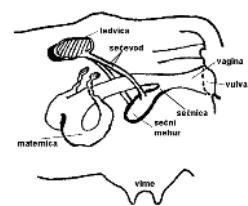
- organ čvrste konsistence in rdečkasto rjave barve;
- pri domačih sesalcih - videz zelo različen:
- mesojedi, mali sesalci - bobaste oblike;
- prašič - sploščene;
- konj - leva bobasta, desna srčasta;
- govedo - režnjičaste,



508

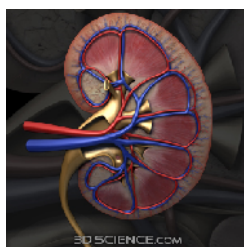
### Lega ledvic:

- ob zgornji trebušni steni, ob sprednjih ledvenih vretencih.
- izven trebušne votline (retroperitonealno).
- obdane z maščobo (zaščita)
- zaradi premikanja diafragme dihanju se lahko premikajo (bolj pomična - leva)
- pri prežvekovalcih - zaradi vampa pomaknjena v desno polovico trebuha (za desno)



509

- površina ledvic - gladka?, koveksna;
- na sredinski strani - ledvična lina:
  - skozi njo vstopajo žile, izstopa sečevod;
- parenhim ledvic: skorja + notranja sredica;



- ledvični režnji:

510

### B) Funkcionalna zgradba ledvic

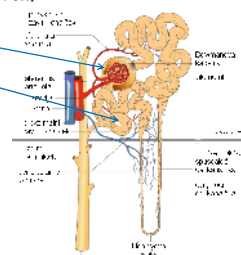
- Osnovna funkcionalna enota ledvic - **nefron**;

- **Ledvično telesce**

- **Ledvična cevka**

- v ledvicah - lahko več milijonov nefronov odvisno od velikosti ledvice:

- govedo ~ 4.000.000,
- prašič ~ 1.000.000,
- pes ~ 500.000,
- konj ~ 5.480.000
- ovca ~ 1.030.000
- človek ~ 2.400.000



511

## 2 DELOVANJE SEČNEGA SISTEMA

- ledvica - edini organ, ki kontrolirano uravnava izločanje snovi;
- snovi se izločajo tudi skozi prebavila, dihala, kožo in mlečno žlezo,
- izločanje teh organov odvisno od:
  - zunanjih vplivov (temperatura, vlažnost) ali
  - notranjih vplivov (fizioloških ali patoloških).

### Vloge ledvic:

- izločanje,
- ohranjanje homeostaze (koncentracije ionov, osmotskega tlaka, hranilnih in drugih snovi ter telesnega pH)

## 2.1 Nastajanje urina

### v ledvicah potekajo procesi:

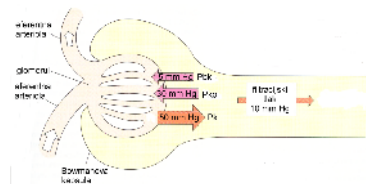
- ultrafiltracije (premikanje tekočine iz krvi v lumen nefrona),
- reabsorpcije (vračanje filtriranega snovi iz lumna ledvičnih cevč v kri)
- sekrecije (prehajanje določenih molekul iz krvi v lumen led. cevč).
- ekskrecija - proces odstranjevanje urina iz telesa.

### Fazi nastajanja urina:

1. nastajanje primarnega urina: v ledvičnih telescih - filtracija krvi
2. nastajanje sekundarnega (končnega) urina:
  - v ledvičnih cevkah - procesi reabsorpcije in sekrecije

## A) Nastajanje primarnega urina

- **Ultrafiltracija** v ledvičnem glomerulu - poteka zaradi razlik sil med:
  - tlakom v kapilarah (krvni tlak) - (koloidno-osmotski tlak: Pko + hidrostatski tlak v Bowmanovi kapsuli; Pbk)



- ledvice prefiltrirajo vso krvno plazmo 60-krat na dan (2,5-krat/h).
- glomerularna membrana prepušča molekule na osnovi njihove:
  - velikosti,
  - oblike in
  - naboja;
- Zato:
  - ne prepušča velikih beljakovinskih molekul in krvnih celic → ostajajo v krvi → primarni urin ne vsebuje beljakovin,
  - vse ostale sestavine - enake kot v krvni plazmi.

## B) Nastajanje sekundarnega urina

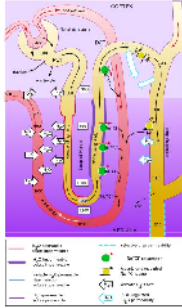
- iz primarnega urina med potovanjem po ledvičnih cevkah;
- **pri tem potekajo procesi:**
  - reabsorpcije vode (85 - 99%) in različnih organskih in anorganskih snovi ter
  - sekrecije snovi, ki se ne filtrirajo iz krvi skozi glomerularno membrano - v plazmi vezane na beljakovine:
    - endogene snovi (nastajajo v telesu, npr. žolčne soli, urati, kreatinin, hipurati, hormoni, ipd.) ali
    - eksogene snovi (pridejo v organizem iz okolja, npr. oksalati, zdravila, strupi, ipd.).

**Tabela 7.1:** Dnevna količina primarnega in končnega urina pri domačih živalih

| Vrsta  | Primarni urin (L) | Definitivni urin (L) |
|--------|-------------------|----------------------|
| konj   | 550               | 6                    |
| govedo | 450               | 8                    |
| ovca   | 120               | 3                    |
| koza   | 110               | 3                    |
| prašič | 140               | 3                    |
| pes    | 90                | 2                    |
| mačka  | 20                | 0,5                  |

### Faze nastanka sekundarnega urina:

- splošna reabsorpcija:
  - v proksimalnih led. cevkah;
  - organske in anorganske snovi, večina vode;
- regulirana reabsorpcija:
  - omogoča selektivno vračanje vode in ionov v plazmo → ohranjanje homeostazi
    - v Henleyevi zanki - **protitočni mehanizem** (reabsorpcija različnih ionov; del neprepusten za vodo),
    - v distalnih in zbirnih kanalčkih - reabsorpcija vode;



518

### Procesi v proksimalnih zavitih cevkah:

- reabsorpcija vode, nekaterih ionov (npr.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), glukoze in aminokislin;
- sekrecije nekaterih organskih snovi v urin (npr. zdravila).
- absorbcija glukoze:**
  - aktivni transport z membranskimi transporterji;
  - število transporterjev omejeno → absorbira se le določena količina glukoze (= transportni maksimum).

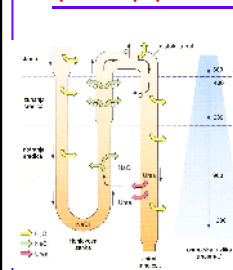
519

### Procesi v Henleyevi zanki:

- homeostaza vode v organizmu → proizvajanje hipertoničnega ali hipotoničnega urina
- reabsorpcija  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , glukoza;
- tekočina, ki prehaja v distalne ledvične cevke: vsebuje visok delež uree in drugih organskih snovi.

520

### Reabsorpcija vode in $\text{Na}^+$ ter $\text{Cl}^-$ ; princip protitočnega mehanizma:



- padajoči krak H.p.:**
  - koncentracija ionov v peritubularni tekočini večja kot v filtratu → voda izhaja (osmoza)
  - konc. ionov v filtratu se poveča → pospešeno izhajanje ionov v dvigajočem delu
- dvigajoči krak H.p.:**
  - neprepusten za vodo in topljence;
  - aktivni transport →  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  → peritubularna tekočina → koncentracija ionov naraste;

521

### Procesi v distalnih ledvičnih cevkah

- reabsorpcija snovi v kri:
  - $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  : **↑ hormon aldosteron** (skorja nadledvične žleze)
  - $\text{Ca}^{2+}$  - **↑ paratireoidni hormon**;
  - voda - hkrati z ioni (urejanje - **antidiuretični hormon - ADH**).
- aktivna sekrecije snovi (s previsoko koncentracijo v peritubularni tekočini):
  - $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$  - vpliva na pH krvi in vzdrževanje homeostaze.

522

### Delovanje antidiuretičnega hormona (ADH):

- hormon nevrohipofize
- glede na potrebe po ohranjanju vode v organizmu se izločanje ADH spreminja → uravnavanje V urina → uravnavanje iz organizma izločene vode.
- ↑ ADH - ↑ prepustnost za vodo → voda iz distalnih led. cev. prehaja v peritubularno tekočino → **koncentriranje urina/manjši V;**

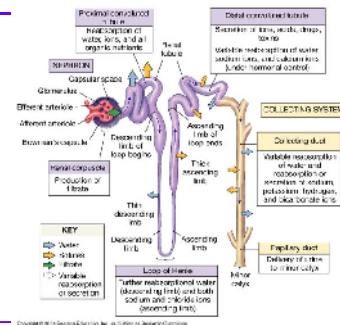
523

### Procesi v zbirnih led. cevkah:

- dokončno uravnavanje izločanja snovi in sestave ter volumna urina.
- začetni del zbirnih cevk (v skorji ledvic) – pod vplivom hormona aldosterona
- pospešuje reabsorpcijo  $\text{Na}^+$  in odstranjevanje  $\text{K}^+$  → povečana reabsorpcijo vode v kri → **koncentriranje urina;**

524

### Procesi reabsorpcije in sekrecije v ledvičnih cevkah



FIZIOLOGIJA Z ANATOMIJO  
DOMAČIH ŽIVALI

525

### 3 LASTNOSTI IN SESTAVA KONČNEGA (DEFINITIVNEGA) URINA:

- **Urin** = ekskret (izloček), s katerim se iz telesa izločajo:
  - končni produkti presnove (predvsem dušika),
  - strupene (toksične) snovi,
  - snovi, ki jih telo ne more porabiti v procesih presnove,
  - višek sicer koristnih snovi (minerali, voda, glukoza ipd.).

526

### A) Fizikalne lastnosti urina:

- **videz:** bistra tekočina (pri konju zaradi sluzi nekoliko motna),
- **barva:** bledorumen do rjava (barvila, ki nastanejo pri razgradnji Hb),
- **vonj:** vrstno specifičen (snovi z značilnim vonjem),
- **okus:** slano-grenak (zaradi NaCl in sečnine)
- **gostota:** 1,010 -1,060 - obratno

527

Tabela 7.2: Volumen in gostota urina pri domačih živalih

| Vrsta živali | Volumen<br>[mL/kg telesne mase] | Gostota [g/L] |                            |
|--------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|
|              |                                 | Povprečje     | Razpon normalnih vrednosti |
| konj         | 3 – 18                          | 1040          | 1025 – 1060                |
| govedo       | 17 – 45                         | 1032          | 1030 – 1045                |
| drobnica     | 10 – 40                         | 1030          | 1015 – 1045                |
| prašič       | 5 – 30                          | 1012          | 1010 – 1050                |
| pes          | 20 - 100                        | 1025          | 1016 – 1060                |

528

### B) Kemična sestava urina:

- **Anorganske sestavine urina:**
  - voda: 95 - 97 %
  - veliko  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ;
  - razmeroma malo  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$
  - V obliki soli:
    - fosfati - iz anorganskih in organskih fosfatnih spojin hrane
    - sulfati - iz anorganskih sulfatov hrane in iz organskih spojin,
    - bikarbonati - predvsem v urinu rastlinojedov

529

#### • Organske sestavine urina:

#### • Dušikove spojine:

- sečnina (mesojedi > rastlinojedi; vrsta hrane),
- sečna kislina - v urinu večine sesalcev le malo
- kreatin in kreatinin - (iz kreatin fosfata mišic ali iz hrane),
- aminokisline - v sledovih,
- bilirubin - iz Hb

530

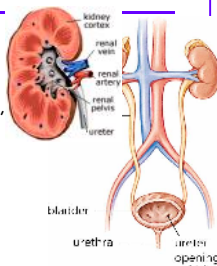
#### • Nedušikove spojine:

- oksalati - iz rastlinske hrane, predvsem v urinu rastlinojedov
- glukuronska kislina - vezana na različne spojine, s katerimi se spaja v procesu detoksikacije
- vitamini (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, pantotenska kislina, folna kislina, askorbinska kislina) - v primeru viška se nahajajo v urinu v večjih količinah
- encimi (amilaza, uropepsin, aktivator plazmina)
- hormoni (hipofize, spolnih in nadledvičnih žlez ter placent)

531

### 4 ODSTRANJEVANJE URINA

- **ledvična čaša** - zbiranje urina (sekundarnega),
- **sečevoda:**
  - peristaltična krčenja stene (1-6/min),
  - hitrost toka urina 20-30 mm/s,
- **sečni mehur:**
  - plastični tonus - ob povečani prostornini tlak ne naraste, dokler se prostornina močno ne poveča;
- **sečnica,**
- **mišici zapiralki.**



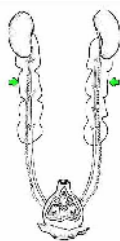
532

### Praznjenje mehurja (mikturicija):

- refleksno dejanje - center v ledveno-križničnem delu hrbtenjače;
- Potek:
- širjenje mehurja → vzdraženje mehanoreceptorjev → vzdraženje centra → integracija dražljajev in prenos:
  - po parasimpatičnih živcih → stena mehurja → krčenje gladkih mišic → povečanje tlaka v mehurju;
  - po motornih nevronih → zunanji sfinkter →<sup>33</sup>

### 5 SEČNI SISTEM PRI PTICAH

- režnjičaste ledvice, brez ledvične čaše
- glomeruli - majhni
- nefroni - s Henleyevim zankom ali brez
- uretri - globoko v parenhimu:
  - sečna kislina - končni produkt presnove beljakovin,
  - kristalčke sečne kisline ovija sluz → preprečuje poškodbe tkiva,
- ni sečnega mehurja (sečevoda - neposredno v kloako),
- reabsorpcija vode v tubulih slaba (nadomešča se z resorpcijo iz kloake);



534

### 6 Pomen organov v regulaciji acidobaznega ravnotežja

#### Pljuča:

- presnova maščob, OH in beljakovin za energijo - tvorba velike količine CO<sub>2</sub>
- (eritrocit: CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ⇌ H<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>);
- pljuča obraten proces - izdiha se CO<sub>2</sub>

#### Ledvica:

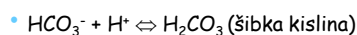
- nepopolna oksidacija: nastanek nehlapnih kislin - izločanje prek ledvic (fosforna, žveplena, klorovodikova in organske kisline); izločanje: izločanje H<sup>+</sup>, resorbcija HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, sinteza HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

535

## Pufri

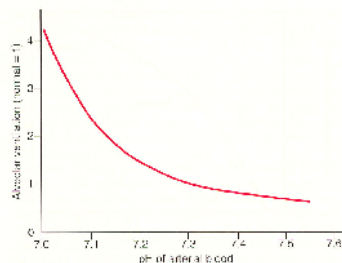
Štirje pufri so pomembni za ohranjanje pH:

- Bikarbonatni (prispeva več kot 1/2)
- Fosfatni ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ )
- Hb-Oksi-Hb
- Beljakovine ( $\text{Pr}^-$  in  $\text{HPr}$ )
- npr.



536

## Pljuča



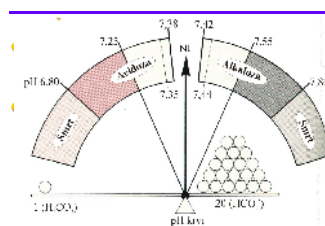
537

## Ledvica-pomen v regulaciji pH

- Reabsorbcija bikarbonata
- Sinteza bikarbonata de novo
- Ekskrecija  $\text{H}^+$

538

## Motnje v acido-baznem ravnotežju



- normalen pH= 7,40  $\pm$  0,02 (1 Sb) ali  $\pm$  0,05 (2 Sb)
- pH pod 7,35 ali nad 7,45 ogroža organizem

539

## Posledice acidoze in alkaloze

- **Alkaloz:**
  - hipokalcemija (povečana živčno-mišična razdražljivost, krči)
  - hipokapnia: kontrakcija bronhialne mišičnine
  - hipoglikemija (inhibicija glukoneogeneze)

Splošna razdražljivost; slika tetanije

540

## Posledice acidoze in alkaloze

- **Acidoza:**
    - hiperkaliemija (aritmije)
- Depresija CNS, razen dihalnega centra

541

## 542

## 543

## 544

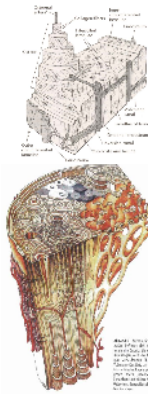
## 545

## 546



### Kostni stebriček (osteon)

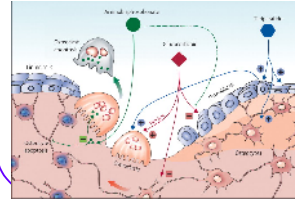
- **osnovna funkcionalna in gradbena enota kosti!**
- dolg 3 do 5 mm;
- osnova - krožno razporejene kostne lamele;
- v sredini - žilni kanal z žilami in živci,
- med lamelami - ploske votlinice za kostne celice,



548

### Kostne celice

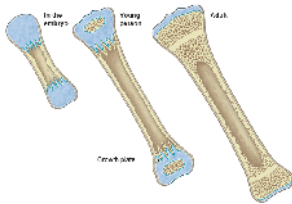
- **Osteociti:** glavne celice v zreli kosti,
  - sodelujejo pri presnovi Ca v kostnem tkivu.
  - ob poškodbah kosti → v osteoblaste.
- **Osteoblasti:** proizvajajo novo kostnino.
  - pomembne za razvoj kosti pri rastočih živalih in obnovo zlomov.
- **Osteoklasti:** razgrajujejo kostnino → sproščanja  $Ca^{2+}$  in  $P^+$  → vzdrževanje normalnih vrednosti teh ionov v telesnih tekočinah.



549

### Razvoj kosti

- **primarna osifikacija** - kostno tkivo se izoblikuje neposredno iz embrionalnega veziva;
- **sekundarna osifikacija** - kosti nastajajo na osnovi hrustančnega modela:
  - na meji med telesom in okrajki bodočih kosti = področje rastnega hrustanca;
  - poteka v več fazah → hrustanec se postopoma zamenja s kostnim tkivom.



550

### Zlom kosti (fraktura):

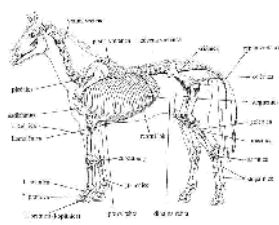
- **poškodba krvnih žil v kosti → osteociti odmrejo → okrog mesta poškodbe področje odmrla kosti;**
- **poškodovano mesto zapolnijo celice pokostnice → področje hrustanca in kostnina;**
- **ko se zlom začne celiti, osteoblasti nadomestijo hrustanec z gobasto kostnino = kalus.**
- **čez čas osteoblasti in osteoklasti preoblikujejo mesto zloma gobasto**



551

### 1.2 Deli skeleta

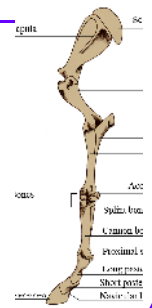
- **kosti glave ali lobanje** (obraznega in možganskega dela),
- **kosti telesnega debla** (vretenca, rebra, prsnica)
- **kosti okončin** (plečni/medenič



552

### A) Vrste kosti (po obliki in funkciji)

- **Podolgovate (cevaste):** značilne za okončine; delujejo kot vzvodi; področja:
  - telo (diafiza) - iz debele scelne kostnine; v notranjosti mozgovna votlina
  - dva okrajka (epifizi) - iz gobaste kostnine;
- **Ploščate kosti:** ščitijo organe, omogočajo pritrditev obsežnih mišičnih mas (npr. mišice



553

## Kratke kosti: nepravilne oblike;

- v zapestnem in skočnem sklepu → sestavljeni sklepi → premikanje v različnih smereh.

## Sezamoidne kosti: v kite vgrajene kosti,

- preprečujejo trganje kit na koščeni podlagi (npr. pogačica).

## Drabovne kosti (koščeni vložki): se razvijejo v mehkih tkivih.

- nimajo povezave z ostalim skeletom (sramna kost,



554

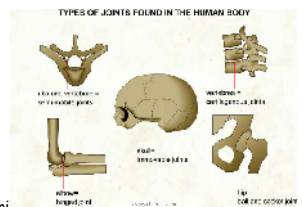
## B) Medkostne povezave

### kostni stiki: okrajka kosti povezuje spojno tkivo → gibljivost omejena.

- vezivni stiki (šivi);
- hrustančni stiki;
- ko je rast kosti zaključena, hrustančni in vezivni stiki okostenijo.

### sklepi: na mestih, kjer je potrebna večja gibljivost:

- kroglasti (npr. ramenski, kolčni),
- valjasti (npr. komolčni),
- sedlasti (zapestni),
- tečajasti (kolenski),
- ploski



555



### Med filogenetskim razvojem živali - vzdigovanje šape/stopala od tal:

- povečana dolžina koraka → povečana hitrost gibanja;
- zmanjšanje števila prstov in pripadajočih zapestnic oz. stopalnic:
  - konj - samo 3. prst (kopito),
  - prežvekovalci - 3. in 4. prst (parklja);
  - prašič - 4 parklji (stranski par šibkejši).

556

## 2 FIZIOLOGIJA MIŠIČ

### prečnoprogaste mišice:

- skeletne, srčna;
- svetle in temne proge → različen lom svetlobe pri prehodu skozi krčljive niti;

### gladke mišice - prebavila,

- prog ni zaradi d razporeditve kr



### Delež telesne mase:

- prečnoprogaste mišice ~ 40 %,
- gladke ~ 10 %;

### Kemična sestava:

- voda: 72,5 - 75 %
- anorganske soli: ~ 1 %
- beljakovine: 18 - 20 %
- lipidi: 3 - 5 % (fosfatidi, holesterol, triacilgliceroli)
- ogljikovi hidrati: 0,5 - 1 % (glikogen, glukoza)

558

## Splošne lastnosti mišic:

### vzdražljivost:

- tudi lastnost nekaterih drugih vzdražljivih tkiv (živčevje, čutila);

### elastičnost:

- tudi lastnost nekaterih drugih elastičnih tkiv (pljuča, elastični hrustanec, elastično vezivo);

### Krčljivost: specifična lastnost mišic!!!

559

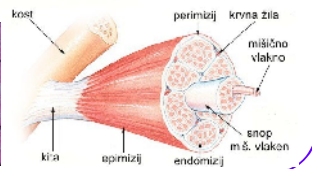
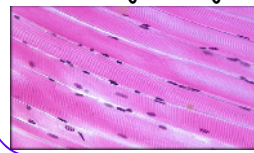
## 2.1 PREČNOPROGASTE MIŠICE

- pritrjene na okostje;
- krčenje → premikanje okostja.
- **naloge:**
  - gibanje (lokomocija),
  - dihanje,
  - porajanje (stiskanje trebušnih mišic - trebušna preša),
  - zapiranje telesnih votlin in
  - uravnavanje telesne temperature

560

## A) Zgradba prečno progaste mišice

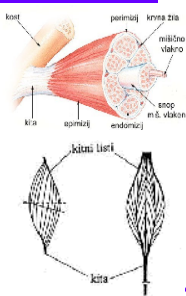
- osnovna funkcionalna enota = mišična celica (vlakno) - ( $2r \sim 80 \mu m$ ,  $l = 5 - 10 cm$ );
- vsebuje več jedr



561

## Deli mišice:

- **mesnati del** - krčljivi, aktivni del mišice (mišični trebuh)
- **kitnati del** - transmissijski aparat (prenos sile krčenja na dele skeleta):
  - kite - trakovi iz kolagenih vlaken, pritrjena na koščeno podlago, odporne na izteg in občutljive na pritisk.
  - kitni listi - končni deli kit,



562

## Razdelitev mišic po funkciji:

- Mišice v telesu - v skupinah, ki izvajajo nasprotno si gibe → premiki okončine okoli sklepa.
- skupine mišic z nasprotnimi funkcijami: **agonisti in antagonisti**,
  - **upogibalke** (upogibna stran sklep, zmanjšajo upogibni kot) - antagonisti iztegovalke (iztezna stran sklepa, povečajo upogibni kot).
  - **pritegovalke** primikajo okončine proti telesu, odtegovalke pa odmikajo.
  - **širilke** širijo / odpirajo telesne odprtine, zapiralke ožijo / zapirajo.



563

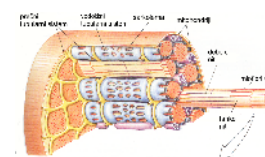
## Meso

- **v najožjem pomenu (SSKJ):** porabniški in glavni kosi mesa, ki jih sestavlja mišičje izkrvavljenih domačih živali (in tudi divjadi) z neodstranljivo vraščeno masnino, vezivom, majhnimi krvnimi in limfnimi žilami, bezgavkami in živci
  - v nekaterih porabniških kosih vraščene kosti (npr. v svinjski zareberenici, piščancu ...);
- **meso v širšem pomenu besede:** vse prej naštetu z vraščnim okostjem in večjimi skupki mastnine, vse v obliki polovic, četrti in trupov izkrvavljenih domačih živali;
  - tudi vse mesnine (mesni izdelki);
- **meso v širokem pomenu besede:** vse prej navedeno in vsa užitna drobovina (jezik, jetra, ledvica, možgani, srce, ...)
- **meso v najširšem pomenu besede:** vse prej navedeno in morske in sladkovodne ribe in morski sadeži, raki, žabe, školjke, polži, želve in užitni deli drugih živali, katerih sestava in hranilna vrednost sta podobni mesu v najožjem pomenu besed

565

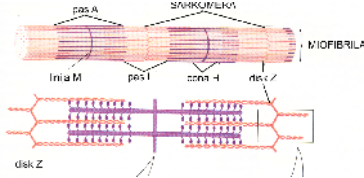
## B) Zgradba mišičnega vlakna:

- **miofibrile** - iz **miofilamentov** = proteini, odgovorni za krčenje mišic
- **prečni tubularni sistem (T-tubuli):**
  - nadaljevanje celične membrane;
  - vloga: prenos dražljajev s površine v notranjost celice;
- **vzdolžni tubularni sistem (sarkoplazemski retikulum):**
  - tanke cevčice, vzporedne z miofilamenti;
  - vloga: Ca - črpalka;



566

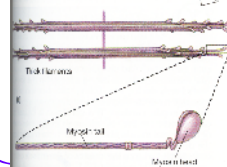
- **sestava krčljivih niti (miofilamentov):**
  - **debele niti** - iz miozina (30-35 % vseh mišičnih beljakovin)
  - **tanke niti** - iz aktina, tropomiozina in troponina.
- **debeli in tanki filamenti miofibrile - oblikujejo vzorec temnih in svetlih trakov = sarkomera;**



567

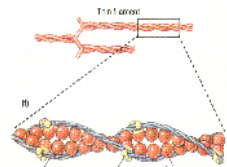
#### Debele niti:

- **miozinska nit:** iz 200 - 400 molekul miozina, povezanih v snopiče;
- vsako molekulo miozina sestavljajo:
  - glava - del ki se spaja z aktinom + del z ATP-azno aktivnostjo;
  - vrat - se upogiba;
  - rep - 2 spiralno zaviti niti.



#### Tanke niti:

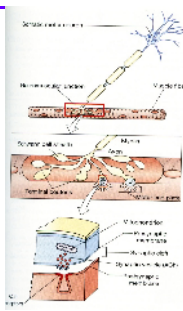
- **Aktin (A):** aktivna mesto za vezavo z glavami miozina;
- **Tropomiozin (B):** prekriva aktivna mesta aktina;
- **Troponin (C):** okrogla beljakovina, vezana na niti tropomiozina,



568

#### C) Živčno-mišična (nevromuskularna) sinapsa = motorična ploščica

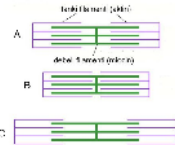
- **mesto, kjer dražljaji iz NS prehajajo na mišice;**
- **na mestu vstopa se:**
  - živčno vlakno razširi,
  - celična membrana ugrezne;
- **nevrottransmitter** - acetilholin
- **mišično vlakno** - **nikotinski receptorji**



569

#### C) Krčenje mišičnega vlakna (mišična kontrakcija)

- omogoča nastanek sile, ki povzroči premikanje ali se upira bremenu;
- je aktiven proces, ki zahteva E (ATP);
- ko se mišica skrči, aktinski filamenti drsijo vzdolž miozinskih proti sredinisarkomere → **teorija drsečih filamentov**



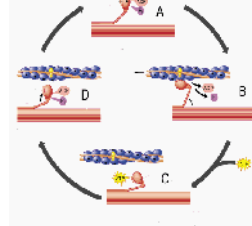
570

#### Nastanek in potek mišične kontrakcije:

- dražljaj za krčenje mišice (akcijski potencial) - doseže mišico po motoričnem živčnem vlaknu;
- v živčno-mišični sinapsi - prenos na postsinaptično (mišično) membrano (→ depolarizacija);
- depolarizacija po prečnih (T) kanalčkih prodre v notranjost vlakna (v bližino sarkoplazemskega retikuluma);

571

- $Ca^{2+}$  - vezava na troponin → premakne se iz svoje lege (ob tem potegne tropomiozin z aktivnih mest na aktinu) → **na aktivna mesta aktina se veže miozin (A).**
- z ATP na miozinu se odcepi fosfat → vratovi miozina se upognejo, potegnejo aktinske niti proti liniji M; odcepitev ADP z miozina → **trdna vezava med miozinom in aktinom (B).**



- ponovna vezava ATP na miozin → **cepljenje prečnih mostov med miozinom in aktinom (C).**
- miozinske glave se vrnejo v začetni položaj, v katerem se lahko ponovno vežejo s tankimi nitmi (D).

572

- *otrditev mišic, ki nastopi nekaj ur po smrti (višek po 12 urah);*
- *Vzrok: padec konc. ATP v celicah - ni hranilnih snovi in  $O_2 \rightarrow$  mišična kontrakcija na stopnji trdne vezave miozina in aktina (cepitev ni možna, ker ni ATP);*
- *popusti ~ 48 - 60 ur po smrti (razpad mišičnega tkiva zaradi encimov).*
- **Pomen:**

• forenzični - določanje časa smrti;

573

### Kemični in energetski procesi pri mišičnem krčenju

- **ATP v mišici:**
  - odgovoren za spajanje in za odcepljanje miozina in aktina;
  - za delovanje kalcijeve črpalke;
- **ATP nastaja pri procesih oksidacije glukoze (glikogen!):**
  - aerobni metabolizem (ciklus citronske kisline): 1 mol glukoze  $\rightarrow$  30 mol ATP;
  - anaerobni metabolizem: 1 mol glukoze  $\rightarrow$  2 mol ATP + mlečna kislina;
- **rezervni vir E v mišici - fosfokreatin:**
  - nastanek - v mirujoči mišici (kreatinin + ATP);

574

### Sproščanje toplote med mišičnim krčenjem:

- **pri razgradnji HS:**
  - 44 % kemične E v HS se shrani v ATP;
  - 56 % se sprošča kot toplota,
- **pri pretvarjanju kemične E v mehanično (cepitev ATP):**
  - 50 % E se porabi v biokemičnih procesih,
  - preostanek E se sprošča v obliki toplote
- **pri mišičnem delu:**
  - 1/4 E  $\rightarrow$  mehanično delo;
  - 3/4 E  $\rightarrow$  toplota (ogrevanje krvi  $\rightarrow$  ogrevanje celotnega organizma);
  - zato - mišice pomemben izvor toplote pri procesih termoregulacije.

575

### Aerobna in anaerobna glikoliza:

- Mirujoča mišica potrebuje majhno količino E (iz aerobne presnove maščobnih kislin v mitohondrijih  $\rightarrow$  ATP)
- Aktivna mišica - več E  $\rightarrow$  presnova glukoze iz glikogenskih rezerv: **aerobna glikoliza**  $\rightarrow$  piruvična kislina  $\rightarrow$  v mitohondrijih - ATP.
- Ob zelo močni mišični aktivnosti - oskrba s kisikom ne zadostuje za proizvodnjo ATP  $\rightarrow$  **anaerobna glikoliza**  $\rightarrow$  nastane višek piruvične kisline  $\rightarrow$  mlečna kislina (strupena)

### Mišična utrujenost

- če se obremenjena mišica kljub draženju ne krči;
- če utrujena mišico nekaj časa miruje  $\rightarrow$  se ponovno lahko krči.
- **Vzroki za nastanek:**
  - poraba glikogena (pri dolgotrajnejši obremenitvi);
  - znižana koncentracija ATP;
  - nastanek mlečne kisline  $\rightarrow$  padec pH v celici;
  - posledica motenj v delovanju motornih nevronov ali sinapse;
- **centralna utrujenost:**
  - subjektivni občutek utrujenosti  $\rightarrow$  želja po prenehanju aktivnosti;

577

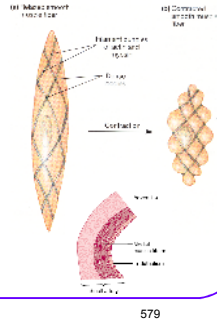
### 2.2 GLADKE MIŠICE

- v stenah votlih in cevastih organov,
- s krčenjem omogočajo:
  - premikanje vsebine skozi lumen notranjih organov ali
  - gibanje in spreminjanje oblike notranjih organov;
- **značilnosti:**
  - odsotnost prečne progavosti,
  - oživčenje - avtonomni živčni sistem  $\rightarrow$  gibanje ni pod vplivom volje.

578

### A) Zgradba gladkih mišičnih vlaken

- vretenaste oblike,
- imajo eno jedro
- nimajo motorične ploščice
- endoplazmatski retikulum slabo izražen, nimajo prečnih cevčic
- ni progavosti – zaradi drugačne razporeditve



579

### B) Vzdraženje in krčenje gladkih mišic

- krčenje in sproščanje dolgotrajnejše, počasnejše → manjša poraba E kot pri prečno progastih;
- vzdržujejo konstanten tonus ali določeno stopnjo kontrakcije → normalno delovanje nekaterih organov (npr. stene krvnih žil)
- zaradi povezav med celicami se dražljaji prenašajo z ene na drugo.
- Vzdražijo jih lahko različni dejavniki:
  - nevrottransmiterji,
  - hormoni
  - lokalni kemični ali fizikalni dražljaji (raztezanje),
  - samodejno vzdraženje.
- na draženje lahko reagirajo tudi z sproščanjem (relaksacija)

### C) Raztezanje mišice in nastanek plastičnega tonusa

- če gladko mišico raztegemo in:
  - koncev ne pritrdimo → se skrči;
  - konca pritrdimo → napetost mišice se zmanjša → se sprostí = plastični tonus;
- zaradi te lastnosti se notranji (votli in cevasti) organi prilagajajo stopnji napolnjenosti brez povečanja tlaka v notranjosti (in brez bolečine);
- ob tem gladke mišice ne izgubijo sposobnosti krčenja

581

### 2.3 SRČNA MIŠICA

- specializirana mišičnina srca;
- ima lastnosti:
  - prečnoprogastih mišic (razporeditev miofibril);
  - gladkih mišic (povezave med celicami)

582

### 3 FIZIOLOGIJA TERMOREGULACIJE

- kemične reakcije v telesu (in tudi funkcije organizma) - odvisne od telesne temperature;
- dvig temperature pospešuje fiziološke reakcije, padec jih zavira;
- povprečna temperatura na Zemlji: 15 °C
  - skrajne: -70 °C do +60 °C / 130 °C razlike;
- živali razvile načine vzdrževanja

583

### Razdelitev živali glede na termoregulacijske sposobnosti

- hladnokrvne (poikilotermne ali ektotermne):
  - vse nevretenčarji, nižji vretenčarji, protozoji;
  - dobivajo toploto iz okolice;
  - prilagajajo telesno temperaturo temperaturi okolice;
- toplotne (homeotermne ali endotermne):
  - sesalci in ptice;
  - telesno temperaturo vzdržujejo in uravnavajo;

584

## Izvor telesne toplote pri toplokrvnih živalih

- procesi oksidacije:
  - 44 % kemične E se shrani v ATP (vezana E),
  - 56 % kemične E se sprošča kot toplota;
- razgradnja ATP :
  - > 50 % E - za sprožanje kemičnih reakcij,
  - < 50 % E - prehaja v toploto;
- bilanca:
  - telo porablja za lastne kemične potrebe manj kot 25 % E;
  - ostanek - toplota (za uravnavanje telesne To).

585

## Vpliv temperature na fiziološke procese

- **Van't Hoffovo pravilo:**
  - pri zviševanju temperature za vsakih 10 oC se aktivnost biokemijskih procesov poveča 2- do 4-krat;
- **temperature, višje od optimalnih:**
  - aktivnost encimov zaradi toplotne denaturacije pada in ireverzibilno preneha;
  - v organizmu toplokrvnih živali - večina encimov se denaturira pri 40 - 50 oC;
- **temperature, nižje od optimalnih:**
  - delovanje encimov se reverzibilno zaustavlja;
  - encimi se ponovno aktivirajo, ko se temperatura poviša.

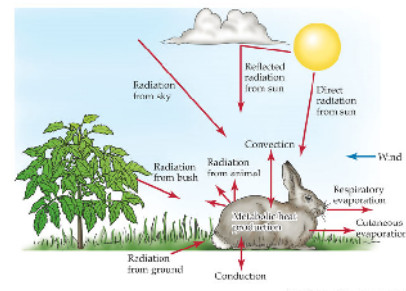
586

## 3.1 IZMENJAVA TOPLOTE MED ORGANIZMOM IN OKOLJEM

- toplotna energija: telesa z višjo temperaturo → telesa z nižjo temperaturo (dokler se temperaturi obeh ne izenačita);
- telesna temperatura - odvisna od količine toplotne E, ki:
  - nastane med metaboličnimi procesi v organizmu oziroma,
  - jo žival prejme iz okolja ali vanj odda;
- Načini izmenjave:
  - konvekcija,
  - kondukcija,
  - radiacija,
  - evaporacija

587

## Imenjava toplote med okolico in organizmom



588

## Radiacija (sevanje):

- prenos toplote brez neposrednega stika;
- vsa telesa oddajajo elektromagnetno sevanje (intenzivnost in valovna dolžina odvisna od To radiacijske površine);
- **pomen radiacije:**
  - pri oddajanju toplote - majhen, ker je absolutna temperatura telesne P živali razmeroma nizka (~ 37 °C);
  - pri sprejemanju toplote - pomembnejši:
    - sončna radiacija (insolacija),

589

## Kondukcija:

- izmenjava toplote z neposrednim stikom med organizmom in okoljem (podlago);
- pri stoječih živalih majhna, pri ležečih večja (odvisna od površine stične ploskve).
- **Prevodnost in izolacija:**
  - slabša kot je prevodnost, boljša je izolacija snovi,



590

- **dlaka / perje** - okoli telesa ovoj, ki zadržuje tople zrak ob telesu → preprečuje hlajenje.
- **sezonske spremembe klime** → spreminjanje kakovosti in gostote dlake (odvisnosti od temperatur okolja).
- **daljša dlaka** - 6 do 8-krat učinkovitejši izolator kakor kratka → področja telesa z dolgo dlako dobro izolirana, tista s kratko pa okna, skozi katera se toplota izmenjuje.

591

### Konvekcija:

- oddajanje toplote s segrevanjem zraka (pri kopenskih sesalcih) oz. vode (pri vodnih živalih);
- naravna konvekcija:
  - ko se zrak (voda) segreje, se dvigne;
  - na njuno mesto pride zrak (voda) iz okolice;
  - ob telesu nastanejo tokovi zraka;
- prisiljena konvekcija:
  - posledica gibanja zraka (vode) - veter,

592

### Evaporacija (izhlapevanje):

- način oddajanja toplote, pri katerem se toplotna energija porablja za izhlapevanje vode;
- **Voda: velika toplotna kapaciteta in visoka izparilna toplota** → izhlapevanje 1 g vode (pri sobni T°) - 2449 J
- intenzivnost izhlapevanja odvisna od:
  - temperature okolice,

593

### 3.2 TELESNA TEMPERATURA PRI DOMAČIH ŽIVALIH

- povprečna telesna temperatura - odvisna od živalske vrste;
- spremembe telesne temperature pri toplokrvnih živalih:
  - normotermija - normalna (vrstno specifična) telesna temperatura;
  - hipotermija - znižana telesna temperatura;
  - hipertermija - povišana telesna temperatura.

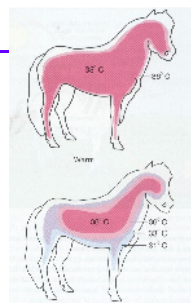
594

### Normalna telesna temperatura domačih živali:

| Vrsta          | Povprečje (°C) | Razpon (°C) |
|----------------|----------------|-------------|
| Mačka          | 38,6           | 38,1 - 39,2 |
| Govedo-pitanci | 38,3           | 36,7 - 39,1 |
| Govedo-mlečno  | 38,6           | 38,0 - 39,3 |
| Pes            | 38,9           | 37,9 - 39,9 |
| Koza           | 39,1           | 38,5 - 39,7 |
| Konj           | 37,7           | 37,2 - 38,2 |
| Prašč          | 39,2           | 38,7 - 39,8 |
| Ovca           | 39,1           | 38,5 - 39,9 |

595

- Pri posamezni živali - različni deli telesa in organi različna temperatura; odvisna od:
  - presnovne aktivnosti organa,
  - preskrbe s krvjo in
  - oddaljenosti od površine telesa.



- **temperatura telesnega jedra** (notranji organi) - najvišja; nihanja temperatur majhna (0,5 - 1 °C).

- **temperatura telesnega ovoja**

596

### Vplivi na telesno temperaturo:

- **notranji dejavniki:**
  - velikost, starost – majhne, mlajše živali > velike, starejše (bazalni metabolizem!);
- **fiziološka stanja:**
  - reprodukcijski procesi (pojatev, porod);
  - prebavni in presnovni procesi;
  - telesna aktivnost → povišanje pri gibanju ali delu;
  - dnevne (cirkadiane) spremembe;
- **zunanj** ~~dejavniki~~ → **temperatura okolice.**

597

### Urnnavanje telesne temperature pri toplokrvnih živalih:

- **center** za termoregulacijo (v hipotalamusu):
  - podcenter za oddajanje toplote,
  - podcenter za zadrževanje toplote;
- **sprejemanje dražljajev:**
  - receptorji v okolici centra (centralni termoreceptorji v hipotalamusu – ob krvnih žilah);
  - receptorji v podaljšani hrbtenjači;
  - termoreceptorji v oddaljenih tkivih (v koži, notranjih organih – jetrih, mišicah);
- **vpliv centra na živčni sistem** → značilen refleksni odgovor

598

### Vročina (pireksija)

- *povečanje notranje telesne temperature, ki jo največkrat povzročijo infekcije;*
- *za organizem koristna → pospešuje imunološke mehanizme in zavira rast in razmnoževanje mikroorganizmov;*
- *če se preveč dvigne – za organizem lahko nevarna;*
- *pri nastanku vročine – pomembna vloga hipotalamusa.*

599

### Reakcija organizma na podhlajevanje (hipotermijo):

- → aktivacija mehanizmov, ki delujejo v smeri zmanjšanja oddajanja toplote;
- **žilna reakcija:**
  - zožitev zunanjih in razširitev notranjih žil,
  - zmanjšanje pretoka krvi na površini → zmanjšanje oddajanje telesne toplote v okolico;
- **povečanje izolacijskega sloja:**
  - dviganje dlake (perja),

600

- **termogeneza – kemična produkcija toplote:**
  - drhtenje mišic po celem telesu → toplota, ki segreva organizem;
  - povišanje metabolizma v jetrih ali rjavem maščobnem tkivu (živalske vrste pri katerih se ne pojavlja drhtenje).
- **obnašanje:**
  - živali iščejo tople prostor (jame, brlogi, staje, hleve);
  - živali v skupinah – stiskanje → celotna skupina zmanjša P, preko katere oddaja toploto;
  - posamezne živali:
    - zmanjšujejo zunanjo površino,
    - se obračajo z glavo proti vetru (preprečijo, da bi veter zašel med dlačni ovoji).
- **Vzroki pogina pri hipotermiji:**
  - depresija centra za dihanje;
  - nastanek ledenih kristalčkov v celicah.

601

### Reakcija organizma na pregrevanje (hipertermijo):

- → aktivacija mehanizmov, ki povečajo oddajanje toplote iz organizma;
- **žilni odgovor:**
  - razširitev zunanjih in zožitev notranjih žil,
  - pospešen pretok krvi skozi površinske žile,
  - toplota se pospešeno oddaja iz telesa;
- **znojenje:**
  - izločanje žlez znojnic;
  - povečano izhlapevanje (evaporacija) – poraba

## Sopenje (psi, govedo, ovce, koze, ptice):

- frekvenca dihanja se poveča

povečano slinjenje, prekrvitev ustne sluznice → izhlapevanje vode → ohlajanje ustne sluznice → ohlajanje krvi, ki teče skozi ustno sluznico

## obnašanje živali:

- Iskanje sence;
- stojijo razkoračeno → povečanje telesne P;
- ležanje na hladni podlagi → povečana P kondukcije (mesojedi);
- valjanje v vodi ali lužah (prašiči, bivoli, ipd.)

## Vzroki pogina pri hipotermiji:

- toplotna inaktivacija encimov, denaturacija beljakovin ( $\uparrow 45 - 55^\circ\text{C}$ );
- nezadostna oskrba s kisikom - zaradi povečanja presnove pri višjih temperaturah
- vpliv na celične membrane - prerazporeditev proteinov in lipidov

603

## 10 FIZIOLOGIJA REPRODUKCIJSKIH PROCESOV

604

## 1 REPRODUKCIJSKI PROCESI PRI SAMCIH

### organi in žleze moškega reprodukcijskega sistema:

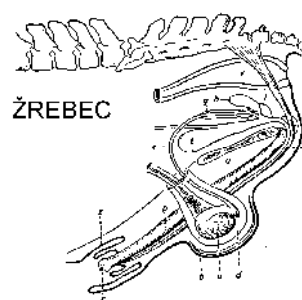
- moda (testisi),
- njim prilegajoča nadmodka in semenovoda,
- pomožne spolne žleze;

### Funkcije:

- proizvodnja moških spolnih celic (spermijev),
- proizvodnja moških spolnih hormonov (androgenov),
- posredovanje sperme v ženske spolne organe.

605

## 1.1 Anatomska zgradba moških spolnih organov



- a - levo modo,
- B, c, d - obmodek,
- e - semenovod,
- f - spermatične žile in živci,
- g - ampula,
- h - mehurica,
- i, j - prostata,
- l - čebulnica,
- n, p, r - penis,
- t - sečni mehur,
- u - pelvis,
- v - zadnjik,
- z - prepucij,

606

## A) Modo (testis)

- pri biku in drugi prežvekovalcih - v osramlju,
- pri merjascu - v področju presredka,
- pri žrebcu in psu - med stegnoma.



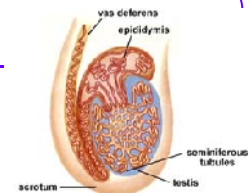
607

## Parenhim moda

### zavite semenske cevke:

- povezujejo se v sistem kanalčkov = mrežica mod
- → odvodne cevke → nadmodek,
- nadmodkov vod → semenovod.

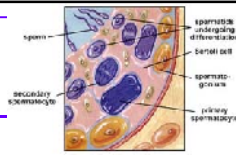
- med semenskimi cevkami - intersticij moda.



608

### Semenske cevke:

- $2r = 150$  do  $300 \mu m$ ;
- pri večini sesalcev - zavite zanke z dvema prostima koncema;
- **večvrstni epitelij (= spolni epitelij)** iz:
  - spolne celice (spermatogoniji, spermatociti I. in II. reda, spermatide, spermiji) ter
  - somatske celice (= Sertolijeve celice);
- **bazalna membrana:**
  - celice, podobne gladkim mišičnim;
  - krčenje → valovanje stene → tok tekočine in spermijev proti mrežici mod.



609

### Sertolijeve celice:

- segajo od baze epitelija do lumna cevke,
- obkrožajo spolne celice.
- vloga:
  - prehrana, varovanje in opora spolnim celicam,
  - urejajo spermatogenezo,
  - sintetizirajo in izločajo:
    - vrsto biološko aktivnih snovi
    - tekočino semenskih cev,
  - aktivno sodelujejo pri sproščanju spermijev v lumen semenske cevke.

610

### Intersticijska moda:

- **zgrajen iz:**
  - rahlega veznega tkiva,
  - krvnih in limfnih žil,
  - fibrocitov ter
  - endokrinih **Leydigovih celic** - pod vplivom LH izločajo:
    - hormon **testosteron**
    - oksitocin, prostaglandine, estrogene, razne regulatorne proteine idr.
- **živali s sezonsko reprodukcijsko aktivnostjo:**
  - v paritvenem obdobju → število povečano, polno razvite,
  - izven paritvene sezone → neaktivne

611

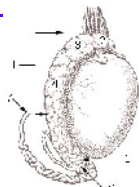
### Kastracija:

- **kirurška odstranitev mod;**
- **uporaba:**
  - plemensko manj vredne živali → preprečitev razmnoževanja;
  - **Izboljšanje poslušnosti in uporabnosti za delo (konji)**
  - **izboljšana kvaliteta mesa (zgodnja kastracija)**
- **najbolj očitna znaka kastracije:**
  - izguba spolnega nagona in nesposobnost oploditve
  - posledica pomanjkanja testosterona;
- **kastracija pred puberteto - se ne razvijejo sekundarni spolni znaki → kastrati po konstituciji podobni samicam.**

612

### B) Nadmodek (epididimis) in semenovod

- **Nadmodek:**
  - oblikuje na gosto zviti **nadmodkov vod;**
  - **delitev:** glava, telo in rep
  - prehaja v semenovod.
- **Semenovod:**
  - skozi dimeljski kanal vstopi v trebušno votlino;
  - združitev obeh semenovodov → v medenični del sečnice.

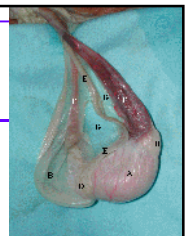


613

### Semenska povescma:

#### Sestava:

- modove arterije (spirala iz gosto nanizanih zank),
- Vene (pletež drobnih, ki od vseh strani obdaja arterijsko spiralo (= vitičasti pletež)).
- limfnih žil in
- semenovoda.



614

## D) Ovojnice moda

- **Mošnja (skrotum):**
  - kožna vreča, v kateri ležijo moda
  - modi se med razvojem spustita v mošnjo iz trebušne votline skozi dimeljski kanal.
  - omogoča optimalno okolje za razvoj semenčic pretin → dve votlini;
  - sestava:
    - koža - tanka, v njej znojnice in lojnice;
    - **mesena plast** (iz gladke muskulature in elastičnih vlaken)
    - odziva na mehanske in toplotne dražljaje → gubanjem kože;
- **dvoplastna zunanja semenska fascija.**

615

## Kriptorhidizem:

- *živali, pri katerih se moda niso spustila v mošnjo = kriptorhidi:*
- **obojestranski kriptorhidi:**
  - *sterilni (spermatogeneza poteka le na temperaturi, nižji, od temperature telesnega jedra);*
  - *produkcija testosterona normalna → fizične in vedenjske značilnosti normalnih samcev*
- **enostranskem kriptorhidizem:**
  - *proizvodnja semenčic v enem modu normalna,*
  - *živali niso primerne za razplod, ker je stanje dedno.*

616

## D) Akcesorne spolne žleze

- razporejene vzdolž medeničnega dela sečnice:
  - **mehurnica** - ob vratu sečnika;
  - **obsečnica** (prostata)
  - **čebulnica;**
- razvijajo se pod vplivom moških spolnih hormonov;

617

## E) Spolni ud (penis):

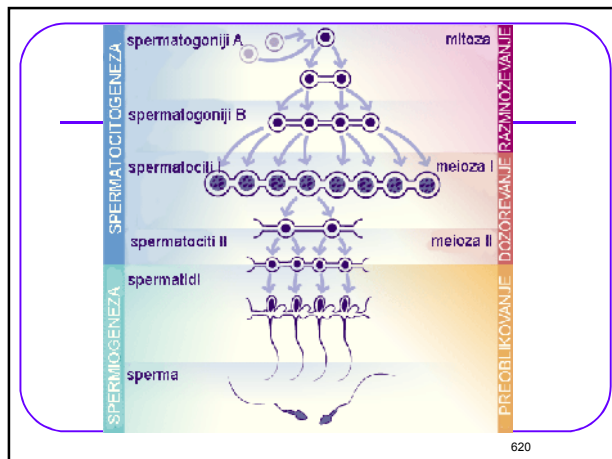
- vnaša spermo v ženska spolovila;
- sega od sedničnega loka skoraj do popka,
  - prašič, prežvekovalci - dolg, tanek, čvrst (zaradi obilice veznega tkiva).
  - konj - debel, od strani sploščen;
- **glavica** - končni del
  - obdaja jo kožna cev (**prepučij** ali **žilnik**).
- **telo** - največji del penisa
  - iz parnega in neparnega **brecila**
  - vezivno ogrodje - različno velike votline (kaverne), vključene v krvni obtok → pri spolnem vzdraženju se napolnijo s krvjo.

618

## 1.2 Moške spolne celice A) Spermatogeneza

- ploditvena sposobnost samca - odvisna od dnevne produkcije velikega števila za oploditev sposobnih spermijev
- **spermatogeneza:**
  - nadzorovan proces nastajanja spermijev (semečic);
  - poteka v stopnjah znotraj lumna semenskih cevčic,
  - izhodiščni spermatogoniji - ob bazalni membrani semenskih cevč → spermatogoniji A (2)
- razvoj iz izhodiščnega spermatogonija do spermija traja približno 20 dni.

619



620

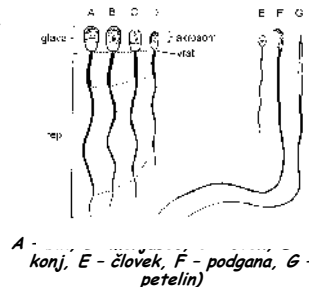
## Vloga Sertolijevih celic pri spermatogenezi:

- večji del **spermatogeneze** - v območju Sertolijeve celice:
  - uravnavanje procesa: s prehrano + endokrinim delovanjem.
  - **spermiocitogeneza** = proces transformacije (spermatide → semenčice) - znotraj citoplazme Sertolijeve celice;
  - **spermiacija** = izrivanje zrelih semenčic iz Sertolijeve celice v lumen semenske cevke
- Uravnavanje dejavnosti semenskega epitelijskega - **gonadotropini**:
  - **FSH** - deluje neposredno preko Sertolijevih celic;
  - **LH** - deluje posredno (preko Leydigovih celic → testosteron → semenski epitelij)

621

## B) Zgradba semenčice sesalcev

- zrele semenčice - za posamezno živalsko vrsto značilna oblika in velikost
- deli semenčice:
  - glava,
  - vrat,
  - srednji del in
  - rep



622

- glava semenčice:
  - bistveni del - modificirano jedro, ki ga pokriva **akrosom**:
    - v njem - encimi (npr. **hialuronidaza**) → omogočajo prehajanje semenčic skozi plast celic, ki obdajajo jajčno celico ob oploditvi;
- vrat, srednji del + rep semenčice → **biček** = gibalni aparat semenčice:
  - hitrost gibanja: bik - 6 mm/min, žrebec - 5 mm/min;
  - sposobnost za premočrtno gibanje in s tem povezano oploditveno sposobnost - na poti skozi nadmodkov vod proti repu nadmodka (uskladiščenje po 40 dneh potovanja).

623

## C) Semenska tekočina (sperma)

- suspenzija spermijev v tekočini, ki jo izločajo akcesorne spolne žleze = **semenska plazma**:
  - transportni medij za semenčice;
  - vsebuje v vodi raztopljene elektrolite, **fruktozo (vir E)**, citronske kisline in sorbitol;
- **ocena lastnosti semenske tekočine**:
  - za ovrednotenje plodnosti plemenskih samcev.
  - pomembni parametri (medvrstne razlike):
    - koncentracija (število na mililiter),
    - gibljivost in
    - oblika spermijev

624

Tabela 8.1: Količina ejakulata in število semenčic pri samcih domačih živali

| Vrsta    | Količina ejakulata [ml] | Število semenčic [ $\times 10^9/\mu\text{l}$ ] |
|----------|-------------------------|------------------------------------------------|
| bik      | 4 (1,5 - 12)            | 1 (0,3 - 2,5)                                  |
| oven     | 1 (0,5 - 3,5)           | 2,5 (1 - 5)                                    |
| žrebec   | 70 (30 - 300)           | 0,07 (0,04 - 0,3)                              |
| merjasec | 200 (100 - 500)         | 0,15 (0,05 - 0,04)                             |

- **Jemanje semenske tekočine**:
  - za umetno osemenjevanje in
  - za zunajtelesno oploditev (in vitro fertilizacija - IVF):
    - posamezni ejakulat bika → 500 odmerkov;
    - seme 1 bika → oploditev 30.000 krav letno (**teoretično !!!**)

625

## Zamrzovanje semenske tekočine:

- **ostane uporabna več let.**
- **zahteva dodatek raztopin (→ povečanje V odmerka + zaščita spermijev);**
- **za različne vrste živali - uporaba različnih raztopin (spermiji različnih vrst - razlike v presnovnih in strukturnih lastnostih).**

626

### 1.3 Dejavniki, ki vplivajo na delovanje mod

- moda postanejo aktivna ob začetku **pubertete**:
- povečano izločanje LH iz hipofize → Leydigove celice mod → izločanje testosterona → vplivi na organizem samca.
- vplivi fotoperiode (dolžine dneva):
  - posrednik - epifizni hormon **melatonin** → **hipotalamus** → **hipofiza** → **LH + FSH** ↑;
  - reprodukcijska aktivnost:
    - konji - daljšanje dneva;
    - drobnica - krajšanje dneva
    - prežvekovalci, prašiči - vpliv manj očiten

627

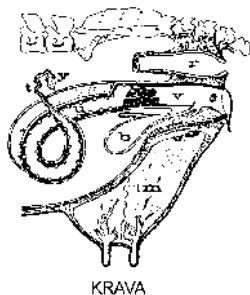
## 2 REPRODUKCIJSKI PROCESI PRI SAMICAH

- **Funkcije ženskih spolnih organov:**
  - proizvodnja ženskih spolnih celic (jajčec),
  - prenos jajčec do mesta oploditve,
  - ustvarjanje okolja za rast in razvoj zarodka
  - iztiskanje ploda (ko je sposoben za življenje izven maternega telesa).

628

## 2.1 Zgradba ženskih spolnih organov

- parni jajčniki (y),
- parna jajceveda (t),
- maternica (u)
- plodila (v):
  - nožnica,
  - nožnični predvor
  - sramnica.



629

### A) Jajčnik (ovarij)

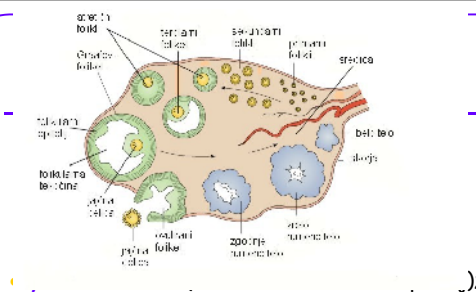
- parni, čvrsti elipsoidni organ z grbičasto površino (zaradi zorečih foliklov in rumenih teles);
- Funkcije:
  - **endokrini organ** - proizvaja ženske spolne hormone,
  - **citogeni organ** - proizvajata ženske spolne celice.
- Sestava:
  - zunanja **skorja** - folikli v različnih fazah razvoja/regresije
  - centralno - dobro ožiljena **sredica**.

630

**Skorja jajčnika:**

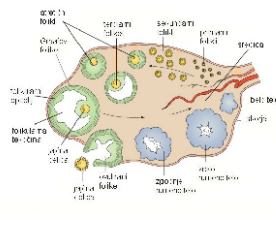
- folikli v različnih fazah razvoja in regresije;
- v vsakem foliklu - po ena jajčna celica;
- rast in zorenje foliklov - pod vplivom gonadotropnih hormonov adenohipofize (LH, FSH)

631



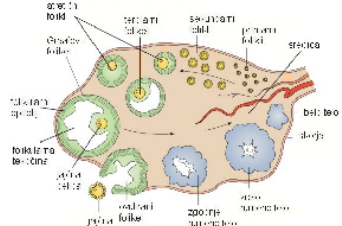
- **sekundarni folikel:**
  - v globji jajčnikovi parenhimatozni plasti
  - večskladni folikularni epitelij
  - jajčna celica obdana z ovojnicami;

632



- **terciarni folikel:**
  - dvoslojna ovojnica,
  - v notranjosti - votlina s folikularno tekočino (→ estrogeni);
  - jajčna celica - v skupku epitelnih celic (**jajčenosni kupček**)
  - **Graafov folikel** - velik terciarni folikel pred ovulacijo;

633



- **rumeno telo**
  - nastane po pokanju (ovulaciji) terciarnega folikla;
  - jajčna celica se sprostí, folikel zakrvari.
  - prerastejo ga celice iz folikularne ovojnice
  - proizvaja progesteron;
- zabrazgotinjenje rumenega telesa → **belo telo**.

634

## Oogeneza

- **proces nastanka jajčnih celic (oocitov);**
- **zarodne celice:**
  - se naselijo v jajčnikih že med fetalnim razvojem;
  - tiste, ki se bodo razvile v jajčece (oogonijs), obda plast folikularnih celic;
  - oogonijs: mejoza → se ustavi na stopnji prve profaze (pred prvo delitvijo) → **primarni oocit**;
  - primarni oocit skupaj z obdajajočimi (granuloznimi) celicami oblikuje **primarni folikel**;
- **ob rojstvu:**
  - jajčniki samic vsebujejo na tisoče primarnih foliklov, pripravljenih za nadaljnji razvoj;
  - med spolno zrelostjo dozori le nekateri.

635

- dozorevanje oocita → 1 zrelo jajčece in 3 rudimentarne celice (polarna telesca);
- pri večini domačih živali - prva meiotična (redukcijska) delitev končana tik pred ovulacijo;
  - nastane **sekundarni oocit + prvo polarno telesce**
  - psica, kobilica: prva meiotična delitev se konča tik po ovulaciji → iz terciarnega folikla se sprostí primarni oocit.
- druga meiotična delitev: če v jajčno celico vstopi spermij;
- ob oploditvi: **sekundarni oocit → jajčece (ovum)**, odstrani se sekundarno polarno telo

636

## B) Jajcevod (ovidukt)

- **vloga:**
  - prenos jajčeca od jajčnika do maternice;
  - v njem - oploditev in prva brazdanja oplojene jajčne celice (v jajcevodu 3 do 8 dni).
- **deli jajceveda:**
  - začetni del - lijakasto razširjen, na robovih resice.
  - na dnu lijaka - ustje jajceveda → ampula → ožina (dolga, vijugasta, poteka do materničnega roga).

637

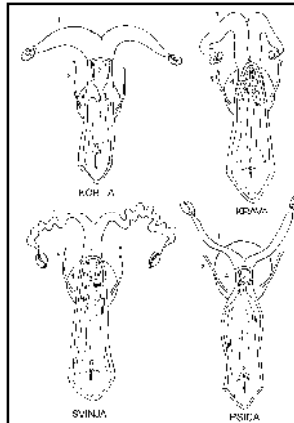
- sluznica - enoskladni epitelij;
  - **sekretorne celice** → ugodno okolje za obstoj jajčeca in semenčic,
  - **migetalčne celice** - prenos oplojenega jajčeca proti maternici.
- mišična plast - ritmična krčenja → potiska jajčece proti materničnemu ustju.

638

### C) Maternica (uterus)

- sprejme oplojene jajčne celice in omogoči njihovo ugnezdjenje (implantacijo);
- zgradba:
  - parna rogova,
  - telo in
  - vrat:
    - mišica zapiralka med telesom in nožnico, ki zapira vhod v maternico;
    - odprt med pojetvijo in porodom ter nekaj časa po porodu,
    - v ostalih obdobjih - zaprt in neprehoden (zaradi goste sluzi).

639



Spolni organi samic nekaterih vrst domačih živali:

- 1 – rog maternice,
- 2 – telo maternice,
- 3 – vrat maternice,
- 4 – sečni mehur,
- 5 – sečevod,
- 6 – odprtina sečnice

640

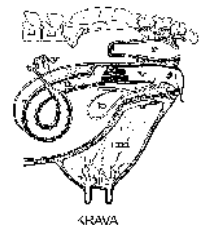
### Stena maternice:

- Mišična plast (*miometrij*):
  - iz gladke mišičnine,
  - zunanja vzdolžna + notranja krožna plast.
- Sluznica (*endometrij*):
  - pokrita z enoskladnim epitelijem (mestoma migetalka);
  - maternične žleze → med pojetvijo in med brejostjo izločajo uterino mleko;
  - prežvekovalci - maternične gobe:
    - v njih se zajedajo resice, ki se razvijejo na plodovi ovojnici → placentalni stik.

641

### D) Plodilni organi

- Nožnica (vagina):
  - cev, vrinjena med danko (zgoraj) in sečnikom (spodaj).
  - pokrita z brezžlezno sluznico →
  - spremembe glede na faze pojava ciklusa:
    - pred gonitvijo - epitelij odebeli in deloma oroženi,
    - po pojetvi se spet razgradi;
- kavdalno od sečničnega ustja → predvor:
  - v sluznici žleze → sekret vlaži sluznico (več - med pojetvijo)
- nožnica s predvorom - med kopulacijo sprejme moški spolni ud;
- prežvekovalci - vanjo se deponira seme
- psica, kobila in svinja - seme se deponira v maternični vrat.



642

### sramnica (vulva):

- zunanja zapora plodilnih organov;
- iz dveh ustnic (združeni v zgornjem in spodnjem sramnem kotu);
- med zgornjim sramničnim kotom in zadnjikom - presredek,
- v spodnjem kotu - ščetavček (zgrajen iz brecilnega tkiva).

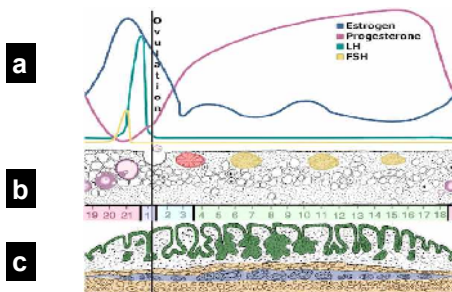
643

### 2.2 Pojatveni ciklusi pri samicah domačih živali

- procesi v zvezi z razmnoževanjem pri samicah domačih (in divjih) živali potekajo ciklično → **pojatveni ciklusi**
- pojatveni - spolni ciklus (estrus):
  - obdobje v katerem rodila preidejo različne stopnje pripravljenosti na oploditev - sprejem oplojenega jajčeca
- ciklusi se kažejo v spremembah:
  - hormonskega stanja živali,
  - na rodilih (jajčnikih, maternici, vagini, sramnici),
  - v obnašanju.
- lahko se konča:
  - s pripravo na naslednji ciklus ali
  - preide v brejost.

644

Pojatveni ciklus - spremembe koncentracij hormonov (a), spremembe na jajčniku (b) in spremembe na maternični sluznici (c)

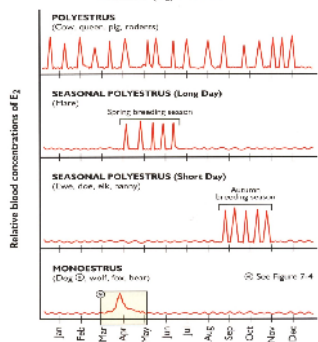


645

- Glede na število pojatvenih ciklusov, ki se zvrstijo tekom leta, samice živali ločimo na:
  - **monoestrične** - ena pojatev na leto (večina divjih živali);
  - **diestrične** - dve pojatvi na leto - spomladi in jeseni (psice);
  - **poliestrične** - pojatve vse leto (govedo, svinje, nekatere pasme ovc, npr. jezersko-solčavska);
  - **sezonsko poliestrične** - pojatveni ciklusi samo nekaj mesecev v določenem obdobju leta = **pojatvena sezona** (kobile - spomladi, drobnica jeseni)

646

Figure 7-1. Types of Estrous Cycles as Reflected by Annual Estradiol (E<sub>2</sub>) Profiles



647

## Faze pojatvenega ciklusa:

- Med pojatvenim ciklusom:
  - ciklične spremembe na jajčnikih,
  - ciklične spremembe koncentracij hormonov,
  - spremembe:
    - v maternični sluznici,
    - na rodilih,
    - v obnašanju samic.

648

## Faze pojatvenega ciklusa glede na stanje na jajčniku in spremembe koncentracij hormonov:

### Folikularna faza:

- rast in razvoj jajčnikovih foliklov (pod vplivom hipofiznih hormonov LH in FSH);
- pri živalih z enim mladičem (npr. govedo, konji, primati): eden od foliklov se razvija hitreje in intenzivneje = **dominantni folikel**;
- celice, ki obdajajo folikel → **estrogeni hormoni**:
  - delujejo parakrino (lokalno v jajčniku) in
  - s krvjo potujejo po celotnem organizmu;
- po **ovulaciji** (posledica intenzivnega a kratkotrajnega dviga LH) - na mestu folikla → **rumeno telo**;
  - ovulacija - pri večini domačih živali spontana;
  - pri nekaterih vrstah (npr. kunec, podlasica, kamelidi) - po stimulaciji vagine → inducirana

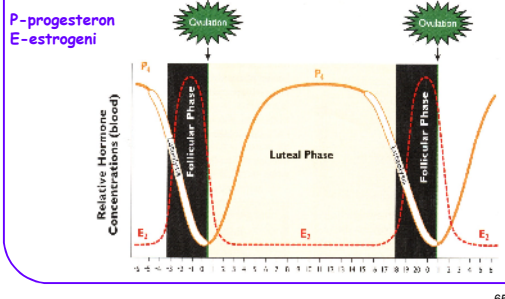
649

### Lutealna faza:

- po ovulaciji - iz spremenjenih celic folikla → **rumeno telo (corpus luteum)**;
- Izloča hormon **progesteron** (z razvojem rumenega telesa izločanje narašča);
- Vloga progesterona v tem obdobju ciklusa:
  - priprava samice na brejost;
  - spodbuja izločanje uterinih žlez in
  - preprečuje krčenje maternice;
- če ne pride do oploditve in brejosti - rumeno telo počasi regresira (**luteoliza**) → upadanje koncentracije progesterona.

650

**Spremembe koncentracij hormonov med pojatvenim ciklusom:**

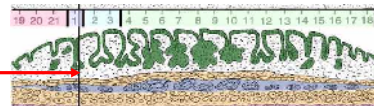


651

**Faze pojatvenega ciklusa glede na stanje na maternični sluznici:**

- **faza brstenja (proliferacijska faza):**
  - celice sluznice se razmnožujejo,
  - sluznica se zadebeli in s tem pripravlja na sprejem oplojenega jajčeca)
- **faza izločanja (sekrecijska faza):**
  - sluznica prične izločati sekret, ki služi za prehrano zarodka v prvih dneh po vsaditvi ali implantaciji)

OVULACIJA



652

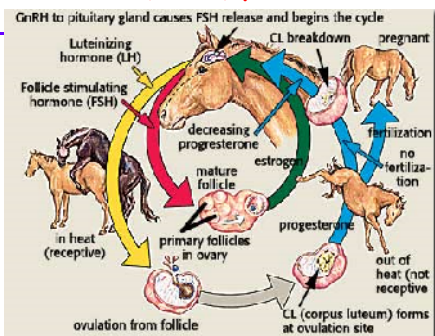
**Faze pojatvenega ciklusa glede na spremembe na rodilih in obnašanje:**

- **Proestrus** (predstopnja pojatve) - pod vplivom FSH in LH → rast foliklov → izločanja estrogenov → spolni organi (stimulirana prekrvitev in rast celic)
- **Estrus** (višek pojatve) - samica sprejme samca (parjenje in oploditev):
  - pod vplivom estrogenov (iz zrelega folikla tik pred ovulacijo).
- **Metestrus** - ↓ estrogenov + ↑ progesterona (rast in razvoja rumenega telesa):
  - vpliv na maternico: endometrijska zadebelitev, uterine žleze se povečajo

- **Diestrus** - obdobje razvitega rumenega telesa:
  - do začetka luteolize (naslednjega diestrusa (pri poliestričnih živalih),
  - preide v anestrus (ob koncu obdobja parjenja pri sezonskih živalih).
- **Anestrus** - značilen za vrste s sezonsko reprodukcijsko aktivnostjo:
  - obdobje, ko ciklični procesi razmnoževanja prenehajo,
  - maternica in vagina se zmanjšata,
  - traja do začetka naslednje reprodukcijske sezone.

654

**Pojatveni ciklus (estrus) pri kobilah:**



655

| Vrsta      | Začetek pubertete | Starost ob prvem priplutu | Trajanje ciklusa | Trajanje gonitve | Nastop ovulacije              |
|------------|-------------------|---------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| kobila     | 18 mes            | 2 – 3 leta                | 21               | 5 – 6 dni        | zadnji dan gonitve            |
| krava      | 1 – 2 leti        | 1 – 2 leti                | 21 dni           | 18 ur            | 12 ur po koncu gonitve        |
| ovca, koza | 8 mes             | 1 – 1,5 let               | 17 – 20 dni      | 40 ur            | 30 – 36 ur po začetku gonitve |
| svinja     | 7 mes             | 8 – 10 mes                | 21               | 45 ur            | 36 – 40 ur po začetku gonitve |
| psica      | 6 – 12 mes        |                           | 7 – 8 mes.       | 7 – 9 dni        | prvi ali drugi dan gonitve    |

656

## 2.3 Puberteta:

- pri samicah - obdobje, ko se pojavi prva pojatev, spremljana z ovulacijo;
- nastanek: ko so v CNS doseženi pogoji za sproščanje GnRH → stimulira izločanje LH in FSH iz adenohipofize.
- vplivi:
  - podnebne razmere,
  - prehrana in
  - vplivi dednosti.
- zato:
  - medvrstne razlike
  - razlike znotraj posamezne vrste.

657

## 3 BREJOST IN POROD

- Brejost:
  - obdobje, med katerim zarodek/plod živi v telesu matere;
  - začetek ob oploditvi;
  - zaključek - s porodom,
  - vključuje tudi obdobji implantacije in placentacije;
- Nerojeni mladič:
  - **zarodek (embrio)** - v zgodnjem razvojnem obdobju;
  - **plod (fetus)** - po izoblikovanju notranjih organov

658

## 3.1 Parjenje (kopulacija) pri domačih živalih

- pojatveno obnašanje samic (ženski spolni hormoni) → vpliv na obnašanje samcev; **več faz:**
- vonjalni, vidni, slušni dražljaji → vzdraženje NS samca → **dvorjenje**;
- **erekcija** = nabrekanje penisa (povečan pritok, zmanjšan odtok krvi iz brecil).
- **kopulacija** (paritev):
  - vzpenjanje samca na samico + penetracija (prodiranje) penisa v vagino (uspešna le, če jo samica sprejme!);
- draženje receptorjev v sluznici penisa → refleksi izliv semena (**ejakulacija**),
  - vzdraženja simpatičnega živčnega sistema;
  - ejakulat → sečnica → refleksno peristaltično krčenje

659

## 3.2 Oploditev in zgodnji embrionalni razvoj

- pri parjenju samec preda seme v ženski spolni trakt (vagina ali maternični vrat);
- **oploditev** = združitev moške in ženske spolne celice (praviloma v jajcevodu)
- transport spermijev v jajcevod:
  - krčenja maternice zaradi:
    - oksitocina, ki se sprosti ob koitusu in
    - prostaglandinov v spermi;
  - gibanje spermijev nima pomembnejše vloge;

660

## Sposobnost za oploditev:

- **spermiji**:
  - postanejo povsem sposobni za oploditev šele v ženskih genitalijah = **kapacitacija**;
  - oploditvena sposobnost v rodilih:
    - krave, ovce in svinje 24 do 48 ur,
    - psice 90 ur in
    - kobile celo 120 ur (5 dni);
- ovulirana jajčna celica (v jajcevodu) - sposobna za oploditev največ 24 ur.

661

## Potovanje spermijev do mesta oploditve in vstop oplojenega jajčeca v maternico ter čas ugnezditve

| Vrsta  | Potovanje spermijev do mesta oploditve | Vstop oplojenega jajčeca v uterus [dnevi po oploditvi] | Čas vgnezditve [dnevi po oploditvi] |
|--------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| krava  | 2 – 13 min                             | 3 – 4 dni                                              | 30 – 35 dni                         |
| ovca   | 6 min. – 5 ur                          | 3 – 4 dni                                              | 15 – 18 dni                         |
| svinja | 15 min                                 |                                                        | 14 – 20 dni                         |
| kobila |                                        | 3 – 4 dni                                              | 30 – 35 dni                         |
| koza   | 5 min. – nekaj ur                      | 4 dni                                                  | 20 – 25 dni                         |
| psica  | 2 min – nekaj ur                       | 5 – 6 dni                                              | 15 dni                              |

662

## A) Oploditev

- **združitev moške spolne celice (semenčice) in ženske spolne celice (jajčeca) v eno celico - zigoto:**
  - obe spolni celici (gameti) - enojno število kromosomov,
  - zigota dvojno število kromosomov (značilno za posamezno živalsko vrsto).
- **pred vstopom v jajčece semenčica:**
  - mora prodreti skozi *korono radiato* in raztopiti oolemo (iz hialuronske kisline) → encim hialuronidaza (v akrosomu);
  - med združevanjem spolnih celic - tudi drugi kemični procesi;

663

- spermij vstopi v jajčece po združitvi plazmalem spermija in jajčne celice;

- ko spermij vstopi v jajčece:

- spremembe jajčeca:
  - aktiviranje → spremembe na obrobju citoplazme → preprečen vstop drugim semenčicam (= **polispermija** - onemogoča normalen razvoj zigote);
  - iz kromosomov v oocitu nastane **ženski pronukleus (predjedro)**:
    - pri ovci, kravi in prašiču ~ 8 ur po vstopu spermija v jajčece,
- spremembe spermija:
  - zadnje območje glave spermija začne spreminjati svojo obliko in nabrekne;
  - po dekonenzaciji kromosomov → **moški pronukleus**;
- hkrati s spremembami na glavi spermija se dokonča druga zoritvena delitev oocita

664

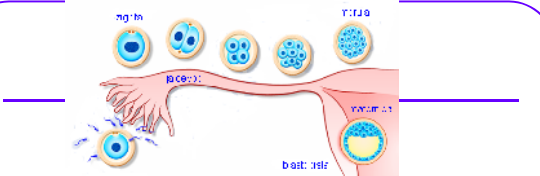
- ženski in moški pronukleus se po nekaj urah združita = **singamija**
- pri tem se dedna snov obeh pronukleusov združi → oploditev se konča.
- zigota ostane v jajcevodu 3 do 4 dni, preden se premakne v maternico.

665

## B) Zgodnji embrionalni razvoj in implantacija

- združitev dveh haploidnih zrelih spolnih celic → diploidna oplojena jajčna celica = **spermovij (zigota)**
- delitev oplojene jajčne celice pri sesalcih:
  - poteka z mitozo;
  - začne se ~ 12 - 24 ur po oploditvi;
  - poteka ves čas, ko potuje oplojena jajčna celica po jajcevodu.

666

- 
- prva mitotična delitev zigote = **brazdanje** → 2 hčerinski celici - **blastomeri**;
  - sledi več delitev celic → gručica 16 do 32 celic = **morula**;
  - v naslednji fazi razvoja → **blastula (blastocista)**:
    - v notranjosti;
    - mehurček z enoskladno celično steno (= **trofoblast**) - votlinica (**blastocela**)
    - v notranjosti - celice urejene v vozlič (= **embrioblast** ali **embrionalni vozlič**).

667

- ko prispe morula ali blastula v maternico:

- celice trofoblasta → stik z maternično sluznico → zasidranje (**implantacija**) zarodka v maternično sluznico;
- hitra rast blastociste (= **gastrulacija**) → preoblikovanje v večplastni embrio (= **gastrula**):
  - diferenciacija embrionalnega vozliča → **primarni klični listi** (ektoderm, mezoderm in entoderm) = osnova organov.
  - blastocel se preoblikuje ali celo izgine;
  - razvije se nova votlina - **gastrocel** ali **pračrevo**.

668

## Iz posameznih segmentov kličnih listov nastanejo tkivne osnove:

### Ektoderm:

- vrhnjica kože in epidermalni kožni organi (dlake, peresa, parklji, kremplji, kopita, rogovi),
- kožne žleze,
- zobna sklenina,
- epitelij ustne in nosne votline,
- živčni sistem,
- deli čutil ipd.,

### Mezoderm:

- veziva,
- opornine,
- obtočila,
- mišičje,
- spolni aparat, ledvice,
- skorja nadobistnice ipd.

### Entoderm:

- epitelij prebavil (razen začetnega in končnega dela) in njegovih žlez,
- jetra,
- trebušna slinavka,
- timus,
- ščitnica,
- epitelij grla, sapnika, bronhov in pljuč,
- epitelij rumenjakove vrečke,

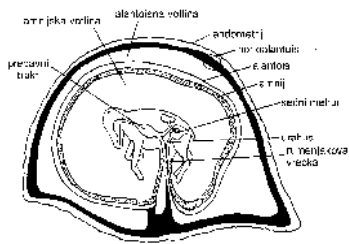
669

## C) Placentacija

- prehrabne potrebe razvijajoče se blastociste:
  - difuzija iz rumenjaka v oocitu in
  - sekret jajcevoda in maternice (*maternično mleko*),
- nagla rast embrija → celice v sredini se ne morejo več prehranjevati z difuzijo;
- iz kličnih listov → membrane, ki komunicirajo s sluznico maternice matere → omogočajo preskrbo zarodka s HS,
- razvoj membran (= plodovih ovojníc) - *placentacija*,
- njihovo skupno ime - *placenta*.

670

## Plodove ovojnice:



- amnij
- alantoid
- horij
- rumenjakova vrečka

671

### Amnij:

- mehur, ki ovija plod;
- v votlini amnija - *amnijska tekočina*:
  - iz urina plodu, sekreta dihal in ustne votline, tekočine iz materinega krvnega obtoka,
  - ščiti fetus pred udarci iz zunanosti,
  - omogoča širjenje in vlaženje porodne poti med iztiskanjem plodu.
- zunanja plast v stiku z alantoidom,

### Alantoid:

- tudi oblikuje votlino, ki komunicira z uropoetskim aparatom embrija;
- *alantojska tekočina* - sestavljena iz:
  - fetalnega urina in
  - izločkov alantojske membrane;
- zunanja plast zlita s horijem.

672

### Horij (horion)

- zunanja embrionalna ovojnica;
- ovija celotni embrio in s tem tudi ostale tri plodove ovojnice;
- oblikuje stik s sluznico maternice ob implantaciji - *resice*:
  - hitra izmenjava snovi med materjo in razvijajočim se plodom;
  - razporeditev - vrstno specifična.

### Rumenjakova vrečka

- ima stik s srednjim črevesom embrija;
- omogoča prehrano med zgodnjim embrionalnim razvojem.

673

## D) Placenta-posteljica

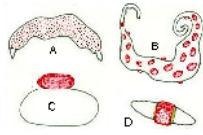
### Sestavljena iz:

- horija (placenta plodu) in
- sluznice maternice (placenta maternice);
- *Placente vseh placentalnih sesalcev*:
  - nekatere skupne strukturne in funkcionalne lastnosti,
  - določene medvrstne razlike;

674

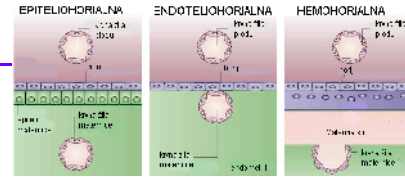
## Vrste placent glede na obliko in površino stika med tkivi fetusa in matere:

- **difuzna (A)** - vključena skoraj vsa površina horija,
  - konji, prašiči;
- **kotiledonarna (B)** - številna, omejena področja stika med horijem in endometrijem = **placentomi** (fetalni del = **kotiledon**, materin del = **karunkel**);
  - prežvekovalci,
- **diskoidna (C)** - okrogla,
  - primati in glodalci,
- **pasasta (D)** - tkivni trak, ki obkroža fetus;
  - psi in mačke,



675

## Tipi placent glede na strukturo:



- **Epitheliochorialna**: horion v direktnem stiku z epitelijem maternice → prašiči, in konji,
- **Sindezmohorialna**: horion (na kotiledonih) delno prodre v epitelij maternice → prežvekovalci;
- **Endotheliochorialna**: horion v direktnem stiku z endotelom krvnih žil matere → mesojedi
- **Hemohorialna**: horion v direktnem stiku s krvjo matere → primati,

676

## Pomen placent:

- omogoča selektivni prenos hranilnih snovi in odpadnih produktov med materjo in plodom, ki je mogoč zaradi stika med njunima krvnima obtokoma.
- v placenti običajno ne pride do mešanja krvi matere in ploda.
  - v določenih situacijah nekaj plodove krvi lahko pride v materino cirkulacijo → imunski odgovor pri materi → ogroženost plodu po rojstvu (ali v naslednjih brejostih) - npr. Rh faktor
- Placenta - zelo kompleksno tkivo:
  - prepušča nekatere snovi,
  - številne tudi presnavlja;
  - zaradi medvrstnih razlik v histološki zgradbi - razlike v transportu snovi skozenjo.

677

## Prenos skozi placento:

- **Prenos plinov**:
- dihalni plini ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) - difuzija zaradi razlik v delnih tlakih;
  - $O_2$ : kri matere → kri ploda,
  - $CO_2$ : kri ploda → kri matere,
- **Prenos hranilnih snovi**:
- glavni vir energije za plod - **glukoza**:
  - kri matere → kri ploda (olajšana difuzija).
  - del - v placenti se pretvori v laktat (tudi vir energije za plod)
- **aminokisline**:
  - aktivni transport;
  - ob prehodu se nekatere presnovijo v druge oblike;
- **maščobe** - precejšnje medvrstne razlike;

678

## Prenos protiteles iz matere v plod:

- **odvisen od zgradbe placent** → medvrstne razlike:
  - primati, glodalci: ob koncu gravidnosti prenos imunoglobulinov G.
  - prežvekovalci, konji in prašiči - imunoglobulini se ne prenašajo skozi placento → novorojenci v krvi nimajo protiteles, dokler jih ne dobijo iz kolostruma.
- **Ekskrecijski organ**:
  - odstranjevanje različnih produktov presnove ploda,
  - Izločanje nekaterih zdravil;
- **Endokrini organ**:
  - sinteza in izločanje številnih hormonov, pomembnih za ohranjanje brejosti in porod

679

## 3.3 Brejost

- od oploditve jajčne celice dalje plod vpliva na organizem matere in omogoča ohranitev rumenega telesa (*corpus luteum graviditatis*) in endometrija v fazi sekrecije:
- **Progesteron** - omogoča vzdrževanje normalne brejosti:
  - sinteza in izločanje iz rumenega telesa (tudi iz placent - ovca, kobila),
  - zvišuje prag vzdražljivosti gladkih mišičnih vlaken maternice → mirovanje maternice → preprečuje zvrževanje plodu (*abortus*).
- **Estrogeni** - sinteza namesto progesterona šele pred porodom:
  - pospešujejo rast in razvoj gladkih mišic,
  - pospešujejo sintezo prostaglandina PGF-2a in
  - sprožijo nastanek oksitocinskih receptorjev, kar omogoči porod.

680

- **rast plodu** - najintenzivnejša v zadnji polovici brejosti;
- **razvitost plodu ob rojstvu** (skotitivi):
  - odvisna od trajanja brejosti;
  - daljša brejost → razvitejši plod ob rojstvu.
- **trajanje brejosti** - odvisno od:
  - telesne velikosti vrste,
  - življenjske dobe,
  - števila mladičev v leglu in
  - stopnje udomačitve.
  - (pri velikih domačih živalih - daljša kot pri malih)

681

## Trajanje brejosti in število mladičev pri domačih živalih

| Vrsta živali | Trajanje brejosti       |                         | Število mladičev |
|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
|              | normalni razpon (dnevi) | povprečje               |                  |
| kobila       | 320 – 355               | 11 mesecev              | 1 – 2            |
| krava        | 264 – 306               | 9 mesecev 10 dni        | 1 – 2            |
| drobnica     | 144 – 157               | 5 mesecev               | 1 – 3            |
| svinja       | 115                     | 3 mesece, 3 tedne 3 dni | 4 – 18           |
| psica        | 63                      |                         | 2 – 8            |
| mačka        | 60                      |                         | 2 – 6            |
| kunčica      | 30                      |                         | 8 – 12           |

682

- zaradi rasti plodu → intenzivna rast maternice (sprememba oblike in vloge):
  - naraščanja števila, obsega in dolžine gladkih mišičnih vlaken v miometriju → fiziološke hipertrofija maternice (bistvena za iztiskanje plodu med porodom);
- spremembe spolnih organov in mlečne žleze,
- spremembe celotnega organizma matere:
  - Presnova → intenziviranje (zaradi velikih potreb rastočega ploda po hranilnih snoveh);
  - povečanje resorpcije hranilnih snovi iz prebavil in izkoristek mineralnih snovi;
  - brejost - velika obremenitev za krvni obtok matere → udarni volumen srca matere se poveča za 20 - 30%.

683

- pri samicah domačih živalih: med brejostjo in po porodu - presnovne motnje ali deficitarne bolezni;
- pravilna prehrana brejih živali - bistvena za normalno rast in razvoj plodu, pa tudi za laktacijo po porodu.
- v drugi polovici brejosti - zaradi nagle rasti kosti plodu povečana potreba po Ca in P;
  - pomanjkljiva preskrba - najprej se izkoristijo zaloge matere;
  - pomanjkanje pri plodu → motnje v razvoju kosti.

684

## Ugotavljanje brejosti:

- brejost v poznem obdobju → povečanje obsega in povešanje trebuha;
- iz ekonomskih razlogov - diagnosticiranje v zgodnji fazi (ko zunanji znaki še niso vidni):
  - **rektalna palpacija** breje maternice in pulz maternične arterije - najpogostejše velike živali (kobila, krava):
    - pri kravah - ugotovitev brejosti že 30 - 45 dni po osemenitvi.
  - **ultrazvočna diagnostika** - zgodnje ugotavljanje brejosti:
    - tudi število fetusov in njihovo stanje (bitje srca!);
    - ugotavljanje stanja jajčnikov pri nebrejih živalih.
  - **merjenje hormonov** - zgodnja diagnostika:
    - **konzentracija progesterona** v krvi (tudi v iztrebkih, urinu) matere → zanesljivi rezultati že prve tedne po osemenitvi;
    - **prisotnost serumskih gonadotropinov** v krvi ali urinu - osnova večine hitrih testov za ugotavljanje gravidnosti.

685

## 3.4 Porod

- **fiziološki proces, med katerim maternica iztisne plod in plodove ovojnice.**
- spremembe pred porodom:
  - povečevanje mlečne žleze, ki nekaj dni pred porodom začne izločati tekočino;
  - sprostitve vezi okoli korena repa,
  - nabrekanje sramnice,
  - izločanje sluzi iz vulve
  - nekatere samice (npr. svinje) - povečanje frekvence dihanja, dvig telesne temperature
  - spremembe v obnašanju (nemir, pogosto leganje in vstajanje, pogosto uriniranje, nekatere - pripravljanje gnezda;

686

### A) Porodna lega, položaj in drža plodu:

- porod mogoč samo, če mladič zavzame pravilen položaj, v katerem preide skozi porodni kanal;
- to se zgodi tik pred porodom (pred tem fetus v maternici leži na hrbtu)



687

- **Lega plodu** = odnos podolžne osi plodu glede na podolžno os matere

- **vzdolžna** - os plodu vzporedna osi materi ;
  - **prednja** - plod obrnjen proti porodnemu kanalu z glavo
  - **zadnja** - plod obrnjen proti porodnemu kanalu z zadnjico (porod mogoč, življenje plodu zaradi stisnjene popkovine lahko ogroženo)
- **prečna** - os plodu pravokotna na os matere (**naraven porod ni mogoč!**).

688

- **Položaj plodu** - obrnjenost hrbta plodu k hrbtu matere:

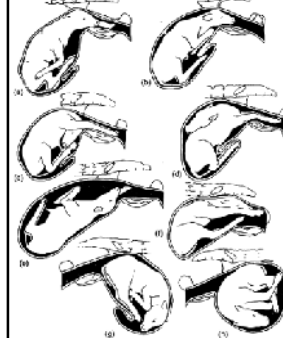
- **zgornji** - hrbet plodu obrnjen proti hrbtu matere → (plod se najlaže prilagodi krivim porodnemu kanalu)
- **spodnji** - hrbet plodu obrnjen k trebuhu matere (**nepravilen** - onemogoča naravni porod).
- **stranski** - hrbet plodu obrnjen k levi ali desni strani matere (**nepravilen** - onemogoča naravni porod);

- **Drža plodu** - položaj posameznih delov telesa plodu, predvsem okončin in glave z vratom:

- **iztegnjena** (**normalna**),
- **upognjena** (**nepravilna**, oteži ali celo onemogoči porod).

689

### Nenormalne lege, drže in položaji plodu (govedo)



- a) vzdolžna prednja lega, zgornji položaj, upognjena prednja leva noga;
- b) vzdolžna prednja lega, zgornji položaj, upognjena prednja leva noga;
- c) vzdolžna prednja lega, zgornji položaj, glava upognjena naprej;
- d) vzdolžna prednja lega, zgornji položaj, glava upognjena v stran;
- e) vzdolžna prednja lega, spodnji položaj, upognjena prednja leva noga;
- f) vzdolžna prednja lega, zgornji položaj, upognjene zadnje noge;
- g) vzdolžna zadnja lega, zgornji položaj (medenična vstava);
- h) prečna lega, zgornji položaj

### B) Vloga hormonov pri porodu

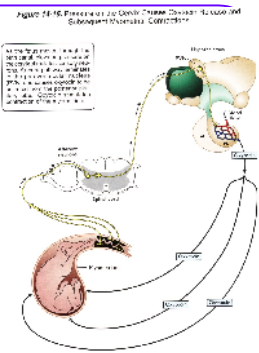
- Najpomembnejša hormonalna sprememba - tik pred porodom:
  - **povečanje sinteze in izločanja estrogenov** iz placente, (zaradi povečanega izločanja **kortizola** iz nadledvične žleze zorečega ploda)
    - pospešena sinteza kontraktilnih proteinov v miometriju;
    - povzročijo izločanje **PGF2a**:
      - razgradnja rumenega telesa (pri samicah, ki ga imajo) → **padec koncentracije progesterona**;
      - začetno krčenje gladkih mišic maternice
      - sprostitvev in ohlapitev materničnega vratu.
  - **Relaksin** (hormon placente) - omehčanje križničnih in medeničnih vezi 24 - 36 ur pred pričetkom poroda;

691

- **dvig koncentracije estrogenov + padec koncentracije progesterona** → **maternica iz stanja mirovanja (značilno za brejost) preide v stanje, ko se lahko krči.**

- nastane široko odprta pot iz maternice skozi maternični vrat in vagino = **porodni kanal**;

- ko plod vstopi v porodni kanal → refleksno izločanja nevrohipofiznega hormona **oksitocina** → močna krčenja maternice, ki iztisnejo plod (SLIKA!).



692

### C) Potek poroda:

|               | Faza poroda                                                                                 |                                                                                                                                                              |                                                                                                                      |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | I. Odpiranje porodnih poti                                                                  | II. Izstiskanje plodu *                                                                                                                                      | III. Izstiskanje posteljice                                                                                          |
| Mehanske sile | redna krčenja maternice                                                                     | močna krčenja maternice in trebušnih mišic                                                                                                                   | moč krčenj maternice oslabi                                                                                          |
| Obdobje       | od začetenih krčenj maternice do razširitve materničnega vratu                              | od razširitve materničnega vratu do rojstva plodu                                                                                                            | od rojstva plodu do odstranitve plodovih ovojnic                                                                     |
| Dogodki       | samica je nemirna, poviša se pulz in frekvenca dihanja; spremembe v položaju in legi plodu; | samica leži, potekajo porodni popadki; razpok alantohoriona in izliv tekočine iz vagine; pojavljanje amnijske vreče v vulvi; razpok amnija in rojstvo plodu; | popadki prenehajo; horijske resice se ločijo od materničnih kript; inverzija horioalantoisa; izstisnjenje posteljice |

693

Trajanje posameznih faz [ure]

|        | I. Odpiranje porodnih poti | II. Izstiskanje plodu * | III. Izstiskanje posteljice |
|--------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| kobila | 1 – 4                      | 0,2 – 0,5               | 1                           |
| krava  | 2 – 6                      | 0,5 – 1                 | 6 – 12                      |
| ovca   | 2 – 6                      | 0,5 – 2                 | 0,5 – 8                     |
| svinja | 2 – 12                     | 2,5 – 3                 | 1 – 4                       |

\*pri vrstah z večjim številom mladičev je ne moremo razmejiti od III. faze)



1. faza



2. faza - začetek



2. faza - konec

694

### Porod pri kravi – faza odpiranja porodne poti



695

### Porod pri kravi – faza iztiskanja plodu



696

### Porod pri kobili – faza odpiranja porodne poti



697

### Porod pri kobili – faza iztiskanja plodu



698



699

### Težave pri porodu (dystocia):

- pri domačih živalih – pogoste;
- velike živali (krave, kobile) – napačna lega plodu v maternici (onemogoča iztiskanje plodu) → uravnanje okončin in naravnanjem ploda;
- nesorazmerje med velikostjo plodu in porodnim kanalom matere:
  - telice, manjše krave, ki jih semenimo s semenom bikov, ki dajajo velike potomce.
  - preveliki mladiči - pri svinjah (če je število pujskov majhno), pri ovcah (ki jagnijo eno jagnje);
  - tudi če je lega takih plodov normalna, jih je pogosto treba izvleči → poškodbe plodu in porodnega kanala matere.

700

- **carski rez:**
  - ob težkih porodih;
  - kirurška odstranitev plodu iz maternice;
  - ohrani življenje mladiča, pa tudi plodnost matere;
- **embriotomija:**
  - kirurški proces, pri katerem je treba plod razrezati na manjše dele znotraj maternice, tako da se ga lahko izvleče;
  - poseg je potreben ob težkih porodih:
    - ko je plod že mrtev
    - če želimo ohraniti življenje matere.

701

### Iztiskanja posteljice:



- pri vrstah z enim mladičem - kmalu po rojstvu ploda, redkeje skupaj z njim;
- pri vrstah z večjim številom mladičev:
  - placenta vsakega ploda se porodi skupaj z njim;
  - včasih ga ovija → potrebno jo je takoj odstraniti z nosnic mladiča (kar običajno naredi samica);
- **placenta pri kravi in ovci se mora izločiti v 24 urah, pri kobilu pa v 2 do 3 urah po porodu;**

702

- če med porodom in iztisnjenjem placente mine dalj časa - **stanje zaostale posteljice (retencija placente):**
  - velik problem predvsem pri kravah, zlasti mlečnih pasem;
  - lahko se odstrani z roko (manualno);
  - v zadnjem času - t.i. konzervativno zdravljenje:
    - posteljice se ne izvleče, pač pa se samici daje antibiotike;
    - posteljica čez nekaj časa izpade sama).

703

### 3.5 Poporodno obdobje (puerperij)

- za to obdobje značilna t.i. **involucija maternice** - proces, med katerim se maternica povrne v stanje pred brejostjo:
  - mesta pritrditve plodovih ovojnic na miometriju se oluščijo,
  - sluznica maternice pa se obnovi;
  - maternica se postopoma krči,
  - celice miometrija pa se zmanjšajo.
- nekaj dni po porodu - izločanje ostankov posteljice, plodovih vod, sluzi,
- sledi zapiranje materničnega vratu (od znotraj navzven).
- spet začnejo rasti jajčnikovi folikli → ponovna vzpostavitev delovanja jajčnikov.

704

### Prvi estrus in priporočeni ponovni pripust po porodu

| Vrsta živali | Prvi estrus [dnevi po porodu] | Priporočeni pripust [dnevi po porodu] |
|--------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| kobila       | 6 – 13                        | 25 – 35 (ali druga gonitev)           |
| krava        | 45 – 90                       | 60 – 90                               |
| ovca         | naslednja jesen               | naslednja jesen                       |
| svinja       | 3 – 5 (ni ovulacije!)         | prvi estrus po odstavitvi (3 – 5 dni) |

705

## 11 FIZIOLOGIJA PROIZVODNIH PROCESOV

706

### FIZIOLOGIJA SINTEZE IN IZLOČANJA MLEKA



707

### LAKTACIJA:

- končni del reprodukcijskega procesa;
- specifična lastnost sesalcev (evolucijska prednost!),
  - (+ živi mladiči, dlaka);
- človek jo je:
  - izkoristil za lastne prehrabne potrebe,
  - zaradi umetne selekcije izboljšal (govedo).

708

### Funkcije laktacije:

- prehrana mladiča,
- imunska vloga (kolostrum),
- psihološka vloga (odnos mati – mladič),
- kontracepcija (laktacijska anestrinja):
  - nekatere vrste – zaradi inhibicije sinteze in sproščanja gonadotropinov.

709

### Stopnje laktacije:

- rast in razvoj mlečne žleze (mamogeneza),
  - začetek sinteze mleka (laktogeneza),
  - vzdrževanje sinteze mleka (galaktopoeza),
  - sproščanje in odplavljanje mleka (ejeckija);
- ☆ ni jih mogoče ostro omejiti – prehajajo ena v drugo, se prekrivajo.

710

## 1 Zgradba in razvoj mlečne žleze

- kožni organ - modificirana kožna žleza
- sekundarni ženski spolni organ - tesna povezava z reprodukcijskimi procesi.
- sestavljena cevkasto-mešičkasta žleza.
- iz mlečnih kompleksov (število in razporeditev sta pri domačih sesalcih različna):
  - kobil, krava - vime;
  - psica, svinja - seski.

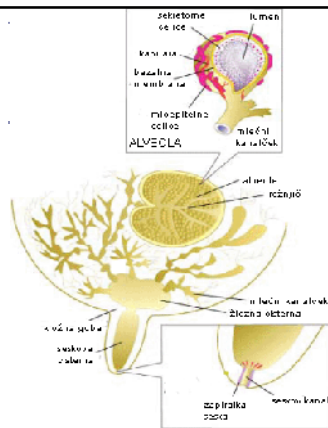
711

### A) Zgradba mlečne žleze:

- **vezivno ogrodje:**
  - \* vezno tkivo: količina se spreminja - odvisna od:
    - rejnega stanja,
    - starosti (vezno tkivo se množi)
- gladke mišične celice,
- maščobno tkivo,
- žile in živci.
- **žlezno tkivo:**
  - \* organizirano v **režnjiče** (2r ~ 1mm):
  - \* v vsakem - do 200 **žleznih mešičkov** (alveol).

712

- **Mlečne alveole:**
  - obdajajo jih košaraste **mioepitelne celice** (**krcenje** → praznenje alveol);
  - žlezni epitelij: enoskladen in različno visok (odvisno od sekrecijskega stanja žleze);
- **sistem kanalčkov:**
  - intralobularni kanali → mlečni kanalčki → kanali → **mlečna (žlezna) cisterna**;
  - razdeljena na žlezni in seskov del (= **seskova cisterna**);
- **seskov kanal:**
  - se odpira na konici seska (= **ustje**).



713

***Sesek:***

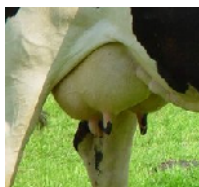
- sestavni del vsake mlečne žleze;
- sluznica seskovnega kanala - nagubana v vzdolžne gube.
- na prehodu iz cisterne v seskov kanal:
  - krožno mišičje → zapiralka (psice, prežvekovalci);
  - ostale živalske vrste - gost splet elastičnih vlaken.

714

**Mlečna žleza pri domačih živalih:**

**Krava:**

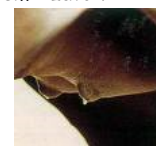
- med stegni (v področju osramnja);
- Iz 2 polovic (L + D),
- vsaka polovica se deli na prednjo in zadnjo četrt  
 → skupaj 4 žlezni kompleksi (vsak - samostojen sistem izvodil) → 4 seski (vsak - po 1 odprtina)



715

**Kobila:**

- med stegni (v področju osramlja).
  - 2 mlečna kompleksa → 2 seska;
  - vsak mlečni kompleks:
    - manjša sprednja + večja zadnja enota;
    - vsaka enota - ločen mlekovodni sistem - zato v vsakem sesku:
      - 2 ločeni cisterni,
      - 2 izvodna kanalčka;
      - 2 ločeni odprtini na vrhu seska
- 



716



## Drobnica:

- 2 žlezna kompleksa (vsak - 1 sesek z odprtino);



## Svinja:

- od osramja do prsne kosti.
- 5 do 7 parnih mlečnih kompleksov,
  - vsak - en naguban sesek (2 - 3 seskovi kanalčki),



## Psica:

- na spodnji strani prsnega koša in trebuha
- 5 parov mlečnih kompleksov (med seboj povezani z žleznimi mostički);
- vsak kompleks - sesek (8 do 20 seskovih kanalčkov).

717

## B) Razvoj mlečne žleze:

- od rojstva do pubertete - razvoj neznaten (vezno tkivo, maščoba, deloma kanalčki),
- v puberteti - razvoj sistema kanalčkov (vpliv - estrogeni);
- dokončen morfološki in funkcionalni razvoj - med brejostjo:
  - **estrogeni (placenta)** → rast in razvejanje sistema kanalčkov;
  - **progesteron (rumeno telo, placenta)** → diferenciacija kanalčkov, razvoj mlečnih mešičkov (po predhodnem delovanju estrogenov).

718

## 2 SINTEZA IN IZLOČANJE MLEKA

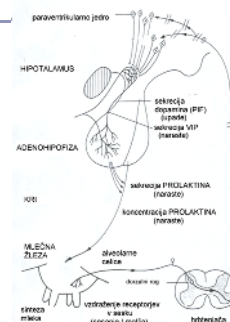
- omejena sinteza mleka - v drugi polovici brejosti,
- obilna sekrecija mleka - pred porodom in v poporodnem obdobju;
- za vzdrževanje laktacije potrebno:
  - vzdrževanje števila alveolarnih celic,
  - ohranjanje njihove aktivnosti,
  - redno odvajanje mleka.

719

## A) Hormoni, ki omogočajo laktacijo:

### Prolaktin (hormon hipofize):

- stimulira sintezo mleka (kazeina, laktoze);
- naraste ob stimulaciji vimega in seskov (**nevrohormonalni refleks**):
  - največja koncentracija - 30 min po začetku stimulacije;
  - govedo - zadostujejo 12-urni intervali molže.



720

### Rastni hormon (GH, STH):

- najpomembnejši hormon za vzdrževanje laktacije pri govedu in kozah,
- uravnava razporejanje HS med mlečno žlezo in ostalimi tkivi + povečan pretok krvi skozi mlečno žlezo → povečana mlečnost;

### Insulin:

- Koze, krave: krvna koncentracija med zgodnjo laktacijo nizka → povečano sprejemanje glukoze v vimeni, poraba v ostalih tkivih zmanjšana (mlečna žleza - prednost pred drugimi tkivi)
- pri ostalih živalih nujen za vzdrževanje laktacije.

721

### Ščitnični hormoni (zlasti T4):

- potrebni za ohranjanje laktacije pri kravah.

### Kortikosteroidi:

- nujni za vzdrževanje laktacije pri vseh vrstah zaradi vpliva na stopnjo presnovo;
- koncentracija pri živalih v laktaciji > kot pri ostalih,
- pri visokoproduktivnih molznicah > kot pri nizkoproduktivnih.

### Paratireoidni hormon:

- potreben za vzdrževanje laktacije zaradi uravnavanja koncentracije kalcija v mleku.

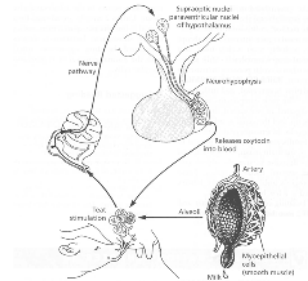
722

## B) Praznjenje mlečne žleze:

- mleko nastaja neprekinjeno,
- vse mleko, ki se izloči ob posamezni molži - prisotno v mlečni žlezi v času molže,
- krčenje mioepitelnih celic → dvig tlaka v mlečni žlezi → praznjenje;
- omogoča ga **oksitocin**, ki se izloča zaradi **nevrohormonalnega refleksa**:
  - izločanje → nekaj sekund potem, ko dražljaj doseže hipotalamus,
  - traja le nekaj minut → **molža se mora začeti takoj!**
  - inhibicija - stres!

723

## Nevrohormonalni refleks izločanja oksitocina:



724

## C) Trajanje laktacije:

- čas izločanja mleka = **laktacijska perioda**;
- višek laktacije:
  - krave 3 - 5 tednov, svinje 3 tedne,
  - drobnica 4 tedne p.p.;
- v tem času se spreminja:
  - sestava mleka (5 dni p.p.) in
  - dnevna količina mleka :
    - krava 20 - 35 kg, koza 2,5 - 3,5 kg,
    - svinja 8 - 11 kg, ovca 8 - 14 kg

725

- laktacija ne traja neomejeno dolgo,
- ustavi se, če se mlečna žleza ne prazni (molznice - 16 ur!):
  - naraščanje tlaka v alveolah → regresija celic, kanalčkov; sestavine mleka se razgradijo (encimi) ali reabsorbirajo;
- **presušitev pri kravah**:
  - po ~ 305 dneh laktacijske periode (7. mesec brejosti) → priprava na naslednjo laktacijo;
  - presušitev krajša od dveh mesecev → mlečnost v naslednji laktaciji slabša.

726

- *Na laktacijo je mogoče vplivati z dajanjem različnih hormonov:*
  - *induciranje - s kombiniranim dajanjem estrogenov in gestagenov;*
  - *rastni hormon - povečanje proizvodnje mleka skoraj za 20 %.*
- *Uporaba hormonov za pospeševanje mlečne proizvodnje je v EU strogo prepovedana.*

727

## D) Vplivi zunanjih dejavnikov na nastajanje mleka

- v optimalnih življenjskih razmerah - sinteza mleka odvisna od:
  - števila celic (genetsko pogojeno) in
  - sposobnosti izločanja celic:
    - do določene mere genetsko pogojeno
    - pod vplivom zunanjih dejavnikov - prehrana, klima, intervali praznjenja mlečne žleze.

728

- Povprečna krava molznica - v laktacijski periodi:
  - proizvede 5000 do 6000 litrov mleka;
  - izloči količino beljakovin, maščob, ogljikovih hidratov in mineralov, ki presega njeno telesno maso,
  - hkrati mora zagotoviti zadosti hranilnih snovi za:
    - vzdrževanje lastnega telesa ter
    - rast in razvoj plodu.
- **nepravilna prehrana močno zmanjša proizvodnjo mleka, hkrati pa pade delež različnih organskih sestavin v njem.**

729

- **Presnova živali:**
  - prilagojena klimatskim pogojem področja, kjer živi;
  - spremembe temperatur okolja → vpliv na presnovo → posreden vpliv na njihov hormonalni status → vpliv na delovanje mlečne žleze:
    - dvig  $T^{\circ}$  okolja nad  $21^{\circ}\text{C}$  → padec vsebnosti tolščje v mleku,
    - padec temperature na  $3 - 5^{\circ}\text{C}$  vsebnost tolščje se poveča.

730

## E) Sesanje mladičev

- žrebeta, teleta, kozleta, jagnjeta - po porodu:
  - morajo biti sposobni, da samostojno vstanejo in posesajo kolostrum;
  - zato se rodijo z razmeroma velikimi zalogami ogljikovih hidratov,
  - prvo sesanje se lahko (brez škode za mladiča) odloži za 1 do 2 uri;
  - intervali med sesanji - približno vsaki dve uri;

731

- **mladiči, ki so rojeni v gnezdu (npr. psi, mačke, prašiči):**
  - takoj po rojstvu poiščejo sesek in posesajo prvo mleko že po 30 minutah;
  - ob rojstvu še razmeroma nezreli in občutljivi na pomanjkanje glukoze v krvi → prepozno sesanje lahko zanje usodno.
  - intervali med sesanji - približno enkrat na uro (lahko tudi manj).

732

## 3 SESTAVA MLEKA

- odvisna od energetskih potreb mladiča (hitrost rasti, dozorevanje, klimatski pogoji) → vsebuje vse snovi, ki so potrebne za rast in razvoj mladiča;
- **mleko sestavlja:**
  - vodena tekočina (mlečna plazma) in
  - formirane sestavine (emulgirane mlečne kapljice, celice).

733

## Fizikalno-kemične lastnosti mleka:

- razlike med vrstami, pasmami, pa tudi individualne;
- pod vplivom prehrane, intervalov molže, zdravstvenega stanja živali;
- **barva:**
  - bela - zaradi loma svetlobe na maščobnih kapljicah,
  - rumena - ob prisotnosti karotinov;

734

- **vonj:** praviloma brez;
  - navzame se vonjav snovi iz okolja;
  - vpliv nekaterih vrst hrane;
  - inhalacija hlapnih snovi v izriganem plinu;
- **gostota:** 1,028 do 1,04 kg/L;
  - odvisna od količine raztopljenih soli in maščob;
- **pH (sveže mleko):**
  - krave, koze - 6,3 - 6,9;
  - kobile: rahlo alkalen
  - svinja: 6,6 do 7,2.

735

## Kemična sestava mleka:

- **Voda (80 - 90%):**
  - večinoma - prosta,
  - deloma - koloidno vezana (kazein, laktoalbumin);
- **Minerali:**
  - glavni (kravje mleko): Ca (0,12%), P (0,10%), Na (0,05%), K (0,15%), Cl (0,11%),
  - v sledovih: Mg, S, Cu, Co, Fe, J in Zn;

736

## Kemična sestava mleka pri domačih živalih

| Vrsta  | Maščobe [%] | Beljakovine [%] | Laktoza [%] | Mineralne snovi [%] |
|--------|-------------|-----------------|-------------|---------------------|
| govedo | 3,3-5,5     | 2,9-3,9         | 4,5-5,0     | 0,6-0,8             |
| svinja | 7,9         | 5,9             | 4,9         | 0,9                 |
| kobila | 1,6         | 2,4             | 6,1         | 0,5                 |
| ovca   | 10,4        | 6,8             | 3,7         | 0,9                 |
| koza   | 3,5         | 3,1             | 4,6         | 0,8                 |
| psica  | 9,5         | 9,3             | 3,1         | 1,2                 |

737

## Vsebnost mineralnih snovi v mleku

| Mineralna snov | Mleko [%] |
|----------------|-----------|
| kalcij*        | 0,12      |
| magnezij       | 0,01      |
| skupni fosfati | 0,10      |
| kalij          | 0,15      |
| kloridi        | 0,11      |
| natrij         | 0,05      |

738

- **Kalcij v mleku in mlečnih izdelkih:**
  - *najpomembnejši (včasih celo edini) vir tega elementa v prehrani ljudi ali nekaterih domačih živali, npr. mesojedov.*
- **Železo:**
  - *potrebno za sintezo hemoglobina,*
  - *v mleku le v sledovih → pri sesnih živalih lahko pride do anemije:*
    - *najpogostejša pri sesnih pujskih in teletih.*
    - *preprečimo jo z dajanjem železa materi ali mladičem (ferumizacija).*

739

## Ogljikovi hidrati:

- **laktoza** - glavni OH v mleku (glukoza + galaktoza);
  - nastajanje - v mlečni žlezi iz krvne glukoze (dokaz: vene < arterije);
  - laktoza sintetaza (progesteron - blokada; prolaktin - stimulacija);
  - vir glukoze - pri prežvekovalcih tudi propionat (fermentacija v vampu);
  - koncentracija - različna (najvišje vrednosti - kopitarji, primati: 6 - 7%).

740

• **Visokoproduktivne molznice na višku laktacije:**

- mlečna žleza porabi večino glukoze, ki nastane v jetrih, za proizvodnjo mlečne laktoze;
- če organizem potreb mlečne žleze ne more zadovoljiti z glukoneogenezo → raven glukoze v krvi močno pade → nastane laktacijska ketoza;
- ker je koncentracija krvne glukoze nizka - kisli produkti presnove maščobnih kislin, ki poteka v jetrih se začnejo nabirati v krvi → presnovna acidoza (ketoacidoza).

741

**Maščobe (mlečna tolšča):**

- glavna in najbolj variabilna sestavina mleka;
- vplivi prehrane, okolja, medvrstne in medpasemske razlike: (ovce, svinje, psice, mačke 7 - 10%, govedo, koze 3,5 - 5,5%, kobilica 1,6%),
- emulgirane v obliki drobnih kapljic, obdanih z beljakovinsko membrano (**haptogena membrana**) → emulzija relativno stabilna.
  - če mleko dalj časa stoji → dviganje maščobnih kapljic na površino = smetana;
  - mehansko delovanje razbije haptogeno membrano → proizvodnja masla.

742

**Vsebnost maščob v mleku različnih pasem goveda**

| Pasma          | Vsebnost maščob [%] |
|----------------|---------------------|
| svetlo-lisasta | 4,0                 |
| holsteinska    | 3,5                 |
| guernsey       | 5,0                 |
| jersey         | 5,5                 |
| shorthorn      | 3,6                 |
| ayrshire       | 4,1                 |

743

• **Sestava maščob:**

- večinoma - **trigliceridi**:
  - različna dolžina verig in nasičenost maščobnih kislin,
  - prežvekovalci - večji % kratkih verig,
  - neprežvekovalci - večji % nenasičenih;
- v manjših količinah - fosfolipidi, holesterol, proste maščobne kisline, monogliceridi, v maščobi topni vitamini (A, D, E);

744

• **nastajanje maščob:**

- v mlečni žlezi: od maslene do palmitinske (acetat ali beta-hidroksiacetat → postopna kondenzacija z enotami Ac-Co-A),
- izven mlečne žleze (del palmitinske, vse MK z >18 C atomi)

• **nerastlinojedi:**

- za tvorbo MK izkoriščajo glukozo;

• **prežvekovalci:**

- del MK nastaja v vampu (značilne - MK z dolgimi razvejanimi verigami);
- koncentracija maščob pade ob padcu produkcije očetne kisline.

745

**Beljakovine:**

• **delijo se na:**

- **beljakovine kazeinskega kompleksa** (netopne pri < pH 4,6 → skuta):
  - kazein ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa$ ) - nastaja v mlečni žlezi;
- **beljakovine mlečnega seruma (sirotke)**:
  - $\alpha$ -laktoalbumini,  $\beta$ -laktoglobulini (v mlečni žlezi ob razgradnji večjih molekul iz krvi),
  - serumski albumini, imunoglobulini (v mlečno žlezo iz krvi).

746

- **Kazein:** najpomembnejša beljakovina mleka (fosfoprotein):

- frakcije ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa$ ) - polimeriziranje in združevanje v **micele**;
- vsebuje vse esencialne AK (manj cistina!) → idealna hrana za mladiča.

- Glede na vsebnost kazeina:

- **Kazeinski tip mleka** (75 do 85% kazeina) → prežvekovalci (kazein je termostabilen - ob toplotni obdelavi ne koagulira).
- **Albuminsko-globulinski tip mleka** (50 - 65% kazeina) → vse druge vrste domačih živali in človek (ob toplotni obdelavi koagulira).

747

- **Sirjenje mleka:**

- **Himozin** (labferment, renin ...) - encim v želodcu oz. siriščniku sesnih mladičev;
- **mehanizem delovanja:** razgradnja  $\kappa$ -frakcije kazeinske molekule → frakcije v jedru se spojijo s  $\text{Ca}^{2+}$  → **polimerizacija** → netopni Ca-parakazeinat = **sir**

- **Kisanje mleka:**

- **izoelektrična točka kazeina** - pH = 4,6;
- pH < 4,6 → obarjanje beljakovin (=skuta) + sirotka

748

## Druge organske spojine:

- **vitamini** (prežvekovalci sintetizirajo vitamine B-kompleksa, K - koncentracija neodvisna od vsebnosti v krmi; vitamini A, D, E, karotin - odvisni od prehrane);
- **encimi** (hidrolaze, dezmlaze, oksireduktaze);
- **hormoni**;
- **druge nebeljakovinske dušikove spojine** (nižji peptidi, aminokisline, sečnina, purinske baze, kreatinin);
- **organske kisline** (mlečna, citronska, ipd.);
- **izločanje zdravil !!**

749

## Celične sestavine mleka:

- epitelne celice cisterne, mlečnih kanalov,
- levkociti;
- v mleku ne smejo preseči 100.000/ml;
- v kolostrumu - število močno povečano.

750

## 4 Kolostrum (mleziivo):

- produkt mlečne žleze, ki se kopiči v njej ob koncu brejosti in izloča po porodu;
- sestava - bistveno drugačna od sestave mleka (prvih 4 do 6 dni p.p.) - vsebuje:
  - več beljakovin (imunoglobulini, albumini),
  - več maščob in mineralov,
  - več vitaminov A in E, karotena in riboflavina,
  - manj laktoze kot mleko.

751

- **Pomen kolostruma za novorojenca:**

- nenadomestljiv vir hranilnih snovi za mladiče;
- vir imunoglobulinov;
- laksativ (odvajanje mekonija);
- nespecifične protimikrobne snovi (lizocimi, laktoferini).

752

## Imunoglobulini:

- prenos pasivne imunosti z matere na potomca (pinocitoza → direktno v kri mladiča);
- vrste s slabo prepustno placento → kolostrum vsebuje več imunoglobulinov;
- vrste z dobro prepustno placento → prehod imunoglobulinov iz matere v potomca že med embrionalnim razvojem.

753

- prašički, žrebeta, teleta, psički – absorbcija imunoglobulinov mogoča 1 – 2 dni po rojstvu,
- jagnjeta, kozlički – do 4 dni;
- po tem obdobju se imunoglobulini prebavljajo kot druge beljakovine.

754

## Bolezni mlečne žleze:

### Vnetje (mastitis):

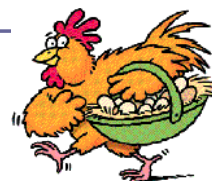
- vzroki: poškodbe seskovnega kanalčka → infekcije;
- posledice: nastanek vezivnega tkiva (na račun žleznega) → zmanjšanje potenciala za tvorbo mleka.

### Neoplazije:

- najbolj dovzetne – psice;
- pojav pospešuje izpostavljenost estrogenom, progesteronu (zato: sterilizacija).

755

## 5 NESENJE JAJC PRI PERUTNINI



756

### najpomembnejših razlike med pticami in sesalci:

- ptice nimajo definirane pojavnega ciklusa in brejosti;
- ptice nesejo jajca → embrijo mora imeti na voljo vse snovi, potrebne za razvoj, v jajcu
- najštevilnejše in najpomembnejše domače ptice – kokoši (tudi purani, race in gosi, ipd.);
- zaradi selekcije se razlikujejo od večine divjih vrst ptic:
  - npr.: s selekcijo vzredili pasme kokoši, ki lahko brez prekinitve letno znesejo 250 – 270 jajc, ob tem ne kažejo nagnjenja k valjenju;

757

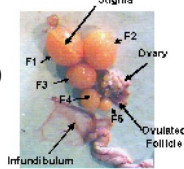
### Vplivi na reprodukcijo ptic:

- najpomembnejši dejavnik v zmernem podnebnem pasu – **fotoperioda** (razmerje med dolžino dneva in noči)
- svetloba stimulira reprodukcijsko aktivnost le, če traja zadosti dolgo (več kot 12 h na dan):
  - v obdobju podaljševanja svetlega dela dneva (spomladi) pospešuje reprodukcijsko aktivnost,
  - v obdobju krajšanja svetlega dela dneva (jeseni) jo zavira.
- manj pomembni – vplivi:
  - prehrana,
  - podnebje in
  - socialne interakcije.

758

## 5.1 ŽENSKI SPOLNI ORGANI PTIC

- **Jajčnik** (razvije se samo levil):
  - veliko število foliklov različnih razvojnih stopenj - glede na velikost:
    - mali rastoči folikli
    - hierarhični folikli (F1, F2, F3)
  - jajčna celica
    - večja od sesalske,
    - zarodni disk - na P.



759

### A) Ovulacija in ciklusi nesenja jajc:

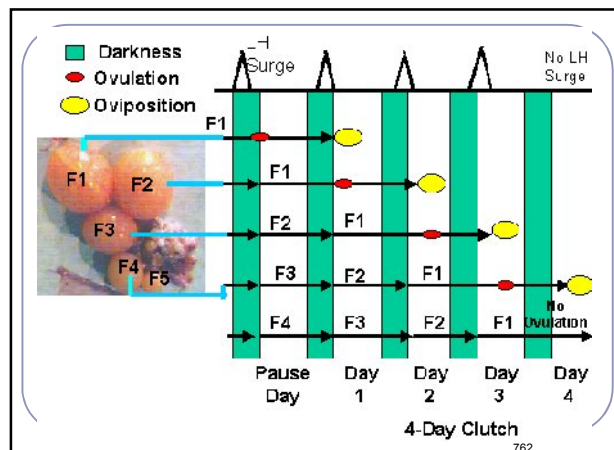
- vzorci ovulacije pri domačih vrstah ptic - različni - odvisni od:
  - časa, ko nastane LH pulz,
  - stopnje razvoja foliklov.
- Pri kokoših:
  - LH pulz - v temnem obdobju dneva;
  - ovulacija v ~26-urnih intervalih (dobre nesnice ~ < 24 ur);
  - vsaki ovulaciji po 26 urah sledi nesenje jajca,

760

### Ciklusi nesenja jajc:

- med ciklusom - dnevno po eno jajce, sledi eno- ali večdnevni premor;
- število jajc v ciklusu odvisno od:
  - pasme kokoši,
  - faze nesnega ciklusa in
  - starosti kokoši.
- kokoš znese 1. jajce ciklusa zgodaj zjutraj, naslednji dan 1 - 2 uri pozneje ipd.;
- zadnje jajce v ciklusu - običajno pozno popoldne → ta dan ni ovulacije → naslednji dan ni jajca (= **preskočen dan**);
- ta dan spet ovulacija (LH pulz!) → naslednji dan - nesenje jajca (ciklus se ponovi).

761

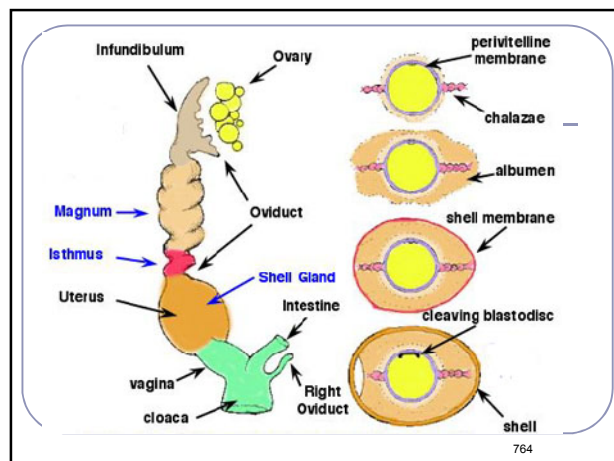


762

### B) Jajcevod in njegova vloga pri nastanku jajca:

- jajcevod - povezava med jajčnikom in kloako,
- razdeljen na področja s točno določenimi funkcijami pri produkciji jajca:
  - infundibulum,
  - magnum,
  - istmus
  - uterus,
  - vagina
- nastajajoče jajce v vsakem od teh področij preživi določen čas.

763



764

- **infundibulum ("lijak")** - jajce tu le okoli 15 minut :
  - vanj preide jajčna celica z rumenjakom po zorenju in pokanju jajčnih foliklov (ovulaciji),
  - tu pride do oploditve,
- **magnum ("velik")** - v njem jajce ~ 3 ure;
  - žleze v stenah izločajo beljakovine, ki se naberejo okoli rumenjaka in so osnova beljaka.
- **istmus ("zožitev")**:
  - nalaganje keratinskih open,
  - obračanje jajca → značilna oblika,
  - začetek poapnitve (kalcifikacije) jajčne lupine,

765

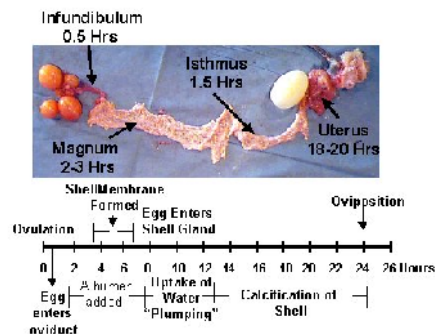
- **Uterus (maternica)** - tu se jajce zadržuje okoli 20 ur;
  - žleze v steni izločajo vodeno tekočino → beljakovine močno nabreknejo → jajce pridobi na velikosti, značilna plastovitost beljaka;
  - tvorita se halazi;
  - intenzivno, kasneje pa počasnejše nalaganje apnenčaste lupine (izločanje Ca in bikarbonatov);
  - izločanja barvil, ki obarvajo jajce (ko je lupina že izoblikovana).

766

- **Vagina (nožnica)**:
  - jajce skozi preide v kloako, od tam pa v zunanji svet;
  - pri prehodu skozi vagino (zadnjih 30 min pred ovipozicijo) se obda s **kutikulo**:
    - sestava - beljakovine, polisaharidi in lipidi;
    - prekrije pore v jajčni lupini → preprečuje:
      - vdor bakterij v notranjost jajca in
      - izhlapevanje vode iz jajca.

767

## Potek nastanka jajca:



768

## Nesenje jajca - ovipozicija:

- nastopi 24 do 26 ur po predhodni ovulaciji (oziroma takoj po naslednji ovulaciji),
- pomembni številni hormoni:
  - oksitocin,
  - arginin vazotocin (iz hipofize),
  - prostaglandini (iz preovulatornih in tudi postovulatornih foliklov).

769

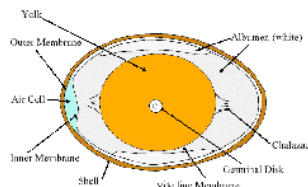
## 5.2 MORFOLOŠKA IN KEMIČNA SESTAVA JAJCA

- jajce = oplojena ali neoplojena jajčna celica perutnine z rezervnimi hranilnimi snovmi;
- ima značilno elipsoidno obliko;
- Funkcije:
  - zaščita zarodka;
  - oskrba zarodka s HS.

770

- sestava:

- rumenjak (30 - 35 % mase)
- beljak (55 - 60 % mase)
- jajčna lupina (9 - 11 % mase)



771

## *Kemična sestava beljaka in rumenjaka*

| Sestavina jajca | Delež M jajca (%) | Voda (%) | Beljakov. | Lipidi  | pH        |
|-----------------|-------------------|----------|-----------|---------|-----------|
| Beljak          | 55 - 60           | 86 - 88  | 10 - 12   |         | 8,4 - 8,6 |
| Rumenjak        | 30 - 35           | 47 - 50  | 15 - 17   | 28 - 36 | 5,2 - 5,6 |

772

## Rumenjak

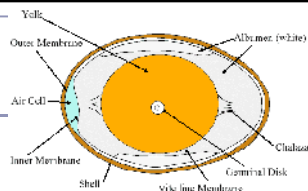
- **Sestava** - snovi, potrebne za embrionalni razvoj:
  - lipidi: večji del organskih snovi v rumenjaku (~ 2/3 gliceroli, 1/3 fosfolipidi, sterolov le okoli 2 do 3 %;
  - beljakovine: predvsem fosfoproteini (različne gostote, npr. ovovitelin, livetin, fosvitin)
- **barva**: bledorumena do oranžna (odvisno od barvil v hrani, npr. karotin)
- **notranjost rumenjaka** - iz koncentričnih plasti različne gostote → vidne pri kuhanju jajca.

773

## Beljak:

- **funkcije**:
  - vir vode, beljakovin in mineralov za razvoj embrija,
  - preprečuje vdor mikrobov v rumenjak;
- **lastnosti**:
  - viskozna, koloidna masa; gostota 1,046-1,052; pH 8,4-8,6;
  - koagulira pri 61°C.
- **sestava beljaka**:
  - voda: 86-88 %
  - beljakovine: 10,5-12,3 % (ovoalbumin, ovoglobulin, glikoproteidi);
  - v manjših količinah: lipidi, glukoza, mineralne snovi (K, Na, Mg, Ca, Fe, Cu, S - v SH-skupinah v aminokislinah-, fosfati, kloridi).

774



- v beljaku - trije sloji:
  - zunanji (tekoči),
  - gostejši srednji (polovica mase),
  - notranji sloj.
- znotraj beljaka - **halazi**:
  - spiralni beljakovinski vrvi,
  - **pitrjeni**:
    - na eni strani na notranjo opno rumenjaka,
    - na drugi strani na keratinski opni;
  - vloga - zadrževanje rumenjaka oz. kasneje embrija v sredini jajca, dovoljujeta pa omejeno rotacijo.

775

## Jajčna lupina:

### *Zunanja lupina:*

- **čvrsta**, kristalizirana apnenčasta lupina:
  - $\text{CaCO}_3$  - 93 %
  - ostale sestavine: Mg karbonat, Ca in Mg fosfat, organska masa (3 do 6 %) keratinske sestave.
- **funkcije**:
  - preprečuje učinke fizikalnih in kemičnih dejavnikov okolja na jajce,
  - ščiti zarodek med razvojem;

776



- v lupini - pore (7-17.000):
  - omogočajo kemično komunikacijo med zračno komoro in zunanjo (med embrionalnim razvojem - izmenjava  $CO_2$ ,  $O_2$  in vode).
- barva:
  - bela do rjavkasta (barvilo ovoporfirin - nastane pri razgradnji Hb).
  - razlike med pasmami!

777

## Keratinski opni

- pod trdo lupino:
  - zunanja je čvrsto zraščena s trdo lupino,
  - notranja se prilega na zunanjo, obdaja beljak;
  - na zaobljenem polu jajca se razhajata → zračna komora (nastane, ko se jajce ohladi!)
  - sta polpropustni:
    - dovoljujeta prehod plinov, vode in kristaloidov, ne pa beljaka;
    - preprečujeta vdor bakterij v jajce!

778

## 12 Literatura

- Frandson RD, Lee Wilke W, Dee Fails A. Anatomy and physiology of farm animals. 4th Ed. Lippincott 2010.
- Cunningham James G. : Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology, 5th edition, Elsevier Saunders, St. Louis, 2013.
- Gytton Arthur C., Hall John E. : Textbook of medical physiology, Tenth edition, W.B. Saunders company, Philadelphia, London, New York, St. Luis, Sydney, Toronto, 2000
- Knut Schmidt-Nielsen : ANIMAL PHYSIOLOGY, Fifth Edition, Cambridge University Press, 1998.
- Rainer Kilinke, Stefan Silbernagl : Lehrbuch der Physiologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 1996.
- Rebesko Branko: Fiziologija z anatomijo domačih živali. Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1983.
- Cestnik Vojteh. Repetitoriji fiziologije domačih živali. Ljubljana: Veterinarska fakulteta, 2003/4.

779