



Nina Čebulj-Kadunc

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 1

Splošna fiziologija, fiziologija živčevja,
čutil in hormonalnega sistema

Študijsko gradivo

Ljubljana, 2013



KAZALO

VF01 SPLOŠNA FIZIOLOGIJA	3
1 Pojem fiziologije	3
2 Zgodovina fiziologije	4
3 Lastnosti živali	6
4 Velikost in masa živali	7
5 Rast in razvoj	9
6 Staranje in smrt	10
7 Živali in okolje	11
8 Homeostaza in homeoreza	12
9 Biološki ritmi	15
10 Prehod snovi skozi membrane	18
11 Razporeditev vode in raztopin v telesu	22
12 Membranski potencial v mirovanju	52
13 Akcijski potencial	52
VF02 FIZIOLOGIJA ŽIVČNEGA SISTEMA	29
1 Organizacija in delovanje živčnega sistema	29
1 Celice živčnega sistema	29
2 Prevajanje dražljajev po živcih	32
3 Komunikacije med celicami živčnega sistema	35
2 Centralni živčni sistem	38
1 Funkcionalna razdelitev CNS	38
2 Delovanje in funkcije CNS	38
3 Presnova možganov (CNS)	44
4 Zaščita možganov	44
3 Periferni živčni sistem	47
1 Avtonomni – vegetativni NS	48
2 Somatski (motorni) živčni sistem	52
4 Integracija procesov v NS	54
1 Refleksi	54
2 Gibanje	57
3 Spomin in učenje	58
4 Razmišljanje	59
5 Oglašanje in govorjenje	59
6 Spanje (sunnus)	60
7 Obnašanje živali	62
VF03 FIZIOLOGIJA ČUTIL	65
1 Splošne lastnosti in klasifikacija receptorjev	65
2 Somatosenzorni receptorji	67
3 Kemoreceptorji	71
4 Čutilo za sluh in ravnotežje	75
5 Čutilo vida	80

VF04 FIZIOLOGIJA HORMONALNEGA SISTEMA 1	89
1 Splošne lastnosti in delovanje hormonov	89
2 Hormoni hipotalamusa in hipofize	96
1 Hormoni hipotalamusa	96
2 Hormoni hipofize	98
3 Fiziološka vloga epifize	103
3 Hormonalne žleze in organi	105
1 Hormoni ščitnice	105
2 Hormoni obščitnice	107
3 Hormoni trebušne slinavke	108
4 Hormoni nadledvične žleze	110
5 Hormoni spolnih žlez	113
4 Organi in tkiva s hormonalnim delovanjem	116
1 Hormoni placente	116
2 Črevesni hormoni (enterohormoni)	117
3 Endokrina vloga ledvic	120
4 Endokrina vloga obtočil	121
5 Hormonalna vloga belega maščobnega tkiva	122
6 Hormonalna vloga timusa	123
7 Feromoni	123
8 Eikosanoidi in prostaglandini	124
9 Citokini in rastni faktorji	124

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 011

VF-01 SPLOŠNA FIZIOLOGIJA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

21 POJEM FIZIOLOGIJE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Izvor besede fiziologija

3

- Jean Francois Fernell (1497 – 1558)
 - uvede pojem fiziologija
 - (verjetno tudi pojem patologija);
 - physis = narava, logos = znanje, veščina;
- prvotni pomen: veda, ki se ukvarja s proučevanjem procesov v naravi (naravoslovje v š. p. b.)
- fiziologija proučuje/razlaga procese oz. mehanizme v živih organizmih na integrativen način („kako organizem deluje?“);



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Namen predmeta:

4

- 1. pridobitev poglobljenega znanja o fizioloških procesih:
 - delovanje zdravega organizma → razumevanje medsebojne odvisnosti procesov v živih organizmih,
 - spoznavanje kvantitativnih in kvalitativnih parametrov
 - **osnova razumevanja bolezenskih stanj, zdravljenja živali in drugih veterinarskih dejavnosti**
- 2. razvijanje veterinarsko-medicinskega mišljenja;
- 3. seznanjanje z laboratorijskim načinom dela in razvijanje sposobnosti za delo z biološkimi materiali

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Pomen predmeta in povezanost z drugimi področji:

5

temeljni predmeti

• biofizika, biokemija, morfološki predmeti (anatomija, histologija), splošno naravoslovno in biološko znanje

• **FIZIOLOGIJA**

- Nadgradnja temeljnih predmetov
- Osnova za razumevanje kliničnih predmetov

predklinični predmeti

• patološka fiziologija, patologija, farmakologija s toksikologijo, reprodukcija živali, prehrana in patologija prehrane

KLINIČNI PREDMETI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

6

Pysiology is not a science or profession but a point of view.
R.W.Gerard, 1958

- moderna fiziologija:
 - se usmerja predvsem na raziskave na celični in molekularni ravni;
 - znanje o posamezni celici ne daje razlage o delovanju organizma kot celote → fiziologija razlaga, kako dogajanja v posamezni celici vplivajo na sosednje celice, tkiva, organe in organizem kot celoto → **integracija funkcij**
→ **razumevanje delovanja živalskega organizma v okolju**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Razdelitev fiziologije – glede na objekt

7

- fiziologija mikroorganizmov,
- fiziologija rastlin,
- fiziologija živali,
 - ▣ fiziologija nevretenčarjev,
 - ▣ fiziologija vretenčarjev,
 - fiziologija domačih živali (veterinarska fiziologija),
- fiziologija človeka.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Razdelitev fiziologije – glede na obravnavo procesov:

8

- **splošna (generalna)** → splošni principi delovanja organizmov, npr.:
 - ▣ homeostaza, prenos skozi membrane, bioelektrični pojavi v celici;
 - ▣ pridobivanje in izkoriščanje energije, itd.
- **posebna (specialna)** → procesi pri delovanju telesa:
 - ▣ prebava, presnova,
 - ▣ dihanje, kri, obtočila,
 - ▣ izločanje,
 - ▣ gibanje,
 - ▣ živčni sistem in čutila,
 - ▣ endokrini sistem, ...

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- **primerjalna (komparativna)** → primerjava fizioloških procesov pri različnih vrstah;
- **okoljska** → fiziološki procesi pri živalih živečih v različnih (tudi neugodnih) okoljih - proučevanje adaptacij organizmov na okolje;
- **evolucijska** → razvoj fizioloških procesov z vidika taksonomije;
- **razvojna** → razvoj fizioloških procesov med embrionalnim, fetalnim in postnatalnim razvojem;
- **celična** → delovanje celic (samostojne veda - ni kategorija fiziologije, vendar pa je vpeta v integrirano razumevanje delovanja organizma)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Pristopi v fiziologiji:

10

- **eno najpomembnejših znanj v fiziologiji: razlikovanje med fiziološkim procesom in funkcijo;**
- funkcija fizioloških procesov (zakaj proces obstaja, kakšna je njegova vloga) → **teleološki pristop;**
 - ▣ PRIMER: zakaj eritrociti prenašajo kisik → ker ga celice potrebujejo;
- delovanje fizioloških procesov (kako fiziološki proces deluje oz. nastane) → **mehanistični pristop;**
 - ▣ PRIMER: zakaj eritrociti prenašajo kisik → ker se kisik reverzibilno veže na hemoglobin v eritrocitih;
- **ena od vlog fiziologije: integracija mehanizmov nastanka in funkcij procesov v zaključeno celoto**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

11

2 ZGODOVINA FIZIOLOGIJE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Fiziologija v antiki

12

- Egipt
 - ▣ balzamiranje živalskih in človeških trupel - dobro poznavanje anatomije;
 - ▣ dinamika dogajanj v telesu je nepoznana, v glavnem pripisovana delovanju nadnaravnih sil
- Grčija, Rim
 - ▣ filozofi tega obdobja - hkrati tudi naravoslovci/ fiziologi;
 - ▣ Aristotel, Hipokrat, Galen, Empedoklej, Demokrit, Alkmeon, Praksagora, Herofil, Erazistrat ...

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

13

- znanje o delovanju živega organizma - posledica opazovanja in intuitivnega razmišljanja,
- trditve niso podkrepjene z eksperimentalnimi rezultati
 - (za vsako pravilno ali nepravilno teorijo je mogoče postaviti drugo, prav tako pravilno ali nepravilno teorijo)
- o vzrokih in poteku življenja, vloga organov v telesu
 - (posebej pomembno vprašanje - kateri organ je sedež miselnih procesov)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Fiziologija v času renesanse:

14

- **Leonardo da Vinci (1452-1519):**
 - opazovalec in raziskovalec, razmišlja tudi o fizioloških procesih
- **Jean Francois Fernel (1497-1558):**
 - kritizira nekatere Galenove teorije,
 - opiše peristaltiko in centralni kanal v hrbtenjači,
 - prvi je uporabi pojma fiziologija in patologija
- **William Harvey (1578-1657):**
 - v delu "Exercitatio de Motu Cordis et Sanguinis" prvi pravilno razloži princip kroženja krvi

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Fiziologija od 17. do 19. stoletja

15

- **Otto van Guericke (1602-1686):**
 - ugotovi, da v vakuumu ni življenja;
- **Giovanni Borelli (1608-1679):**
 - v knjigi "De Motu Animalium" (O gibanju živali) opiše delo mišic, sklepov in kosti, študira tudi let ptic;
- **Sanctorius Sanctorius (1561-1636):**
 - utemelji proučevanje metabolizma
- **Marcello Malpighi (1628-1694)**
- **Van Loevenhoeck (1632-1723)**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

16

- **Robert Hooke (1635-1703)**
- **Jan Swammerdam (1637-1680)**
- **Stephan Hales (1677-1761):**
 - opravi poskus neposrednega merjenja krvnega tlaka;
- **Rene Antoin Reaumur (1683-1757)**
- **Antoine Lavoisier (1743-1794)**
- **Lazzaro Spallanzani (1729-1799):**
 - dokaže, da življenje ne nastane spontano, da je za oploditev jajčeca potrebna semenčica,
 - izvede prvo umetno osemenitev pri psicah;
- **Luigi Galvani (1737-1798):**
 - opazuje krčenje žabjih krakov pri stiku s kovinskimi predmeti,
 - postavi teorijo o obstoju živalske elektrike;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Fiziologija 19. stoletja

17

- **Francois Magendie (1783-1855):**
 - proučuje živčni sistem;
- **Claude Bernard (1813-1878):**
 - uvede fistule,
 - ugotovi, da želodec ni najpomembnejši organ prebave,
 - opiše pomen pankreasa pri razgradnji maščob,
 - opiše prenos kisika z eritrociti iz pljuč v tkiva in vpliv ogljikovega monoksida na telo,
 - opazuje vazodilatacijo in vazokonstrikcijo,
 - v jetrih odkrije glikogen in opiše njegovo razgradnjo,
 - uvede izraz notranje okolje (*milieu interieur*)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

18

- Theodor Schwann (1810-1882)
- William Prout (1785-1850)
- William Beaumont (1785-1853)
- Jean Baptiste Boussingault (1802-1887):
 - proučuje prehrano živali
- Lowes John Bennett (1814-1900):
 - opravi prve prebavno-metabolične poskuse
- Henry Victor Regnault (1810-1878):
 - meri porabo kisika in nastanek ogljikovega dioksida, postavi osnove za računanje RQ;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

19

- Robert Remak (1815-1865)
- Karl Ludwig (1815-1865):
 - izdelal kimograf
- Reymond du Bois (1818-1896):
 - utemeljitelj sodobne elektrofizilogije,
 - ugotovi, da živčni dražljaji spremljajo tudi električne spremembe v živcu
- Hermann Helmholtz (1821-1894)
- Jan Evangelist Purkyne (1787-1869)
- Friedrich Wohler (1800-1882)
- Brown Sequard - začetnik endokrinologije)
- Jacob Berzelius, Hoppe Saylor, J. H. van't Hoff - začetniki "fiziološke kemije"

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Fiziologija 20. stoletja

20

- Henry Starling (1866-1927)
- Ivan Ivanovič Pavlov (1849-1936)
- Walter Cannon (1871-1945):
 - odkrije adrenalin na živčnih končičih (*simpstin*);
- Otto Loewi (1873-1961):
 - odkrije "vagusno snov" – acetilholin;
- Keith, Flack, Ashoff, Tawara, Hiss - kardiovaskularna fiziologija;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

21

- Bohr, Haldane, Krogh: fiziologija dihanja;
- Rubner - fiziologija presnove;
- Sherrington, Ramona y Cayala, Langley, Huxley – nefrofiziologija;
- Meyerhof, Warburg, Keilin, Theorel, Krebs - kemizem telesa;
- Banting in Best – endokrinologija;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

22

3 LASTNOSTI ŽIVALI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1 SPLOŠNE LASTNOSTI ŽIVALI

23

- hranjenje:
 - aktivno,
 - regulirano,
 - selekcionirano;
- presnova (metabolizem):
 - heterotrofna
 - (pri rastlinah avtotrofna);
- reprodukcija (razmnoževanje) – aktivna:
 - dvorjenje, iskanje partnerja,
 - večja ali manjša skrb za zarod/mladiče;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

24

- rast in razvoj - urejana s posebnimi procesi:
 - genetski,
 - hormonalni,
 - prehrabeni);
- regeneracija (obnavljanje) in reparacija (poprava) delov telesa - poteka stalno
- gibanje:
 - avtogeno (samostojno) - pod vplivom volje
 - beg pred sovražniki, izogibanje neprijetnim stanjem, iskanje hrane, spolnega partnerja itd.)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

25

- zaznavanje okolice in reagiranje:
 - ▣ stalno,
 - ▣ predvsem pod vplivom čutil in živčnega sistema
- obramba:
 - ▣ pred škodljivimi tujimi snovmi,
 - ▣ mikrobi, virusi, glivicami, zajedavci,
 - ▣ posebna vloga imunskega sistema)
- individualnost in podobnost:
 - ▣ vsak posamezni osebek ima svoje značilnosti;
 - ▣ ožja ali širša skupnost ima določene skupne značilnosti;
 - npr. velikost, oblika telesa, delovanje notranjih organov, itd.)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

26

2 POSEBNOSTI DOMAČIH ŽIVALI

- vse domače živali izvirajo iz divjih;
- v naravi ni vrstnih predstavnikov (ali pa so fenotipsko in genotipsko zelo drugačni);
- domestikacija je spremenila zunanji videz živali - morfološke spremembe,
- manj so se spremenile fiziološke lastnosti;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

27

Glavne značilnosti domačih živali so:

- gospodarska vrednost ali korist;
- privrženost (navezanost) na človeka, družino, hišo;
- poslušnost (ubogljivost);
- pod človekovim nadzorom:
 - ▣ razmnoževanje - čas pripusta, umetne osemenitve, izbira staršev, odstavitvev mladičev ...;
 - ▣ splošni življenjski pogoji - gibanje, namestitve/vhlevitev, krmljenje, vrsta in količina hrane;
 - ▣ selekcija določenih lastnosti;
- večina domačih živali lahko preide na prostoživeči način življenja;
 - ▣ primeri: mustangi, mufloni, dingi;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

28

KATEGORIJE ŽIVALI

domače

glede na izvor

glede na namen /uporabo

divje

divjad
poldomače ž.
udomačene ž.
prostoživeče ž.

lokalne (evlohne + tradicionalne)

tujerodne (alohne)

gajene (rejne)

sprenjevalne /jubiteljske

laboratorijske

eksotične



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

29

4 VELIKOST IN MASA ŽIVALI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

30

- Velikost = telesne dimenzije:
 - ▣ višina (vihra)
 - ▣ dolžina telesa ali posameznih segmentov
 - ▣ površina telesa
- Masa = teža

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Primerjava telesne mase živalskih vrst:



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Razlike v velikosti in masi znotraj vrst domačih živali

- razmeroma velike;
 - ▣ psi: 1 do 60 kg;
 - ▣ govedo, konji: 50 do preko 1000 kg;
 - ▣ ovce: 50 do 100 kg;
 - ▣ kunci: 2 do 10 kg.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

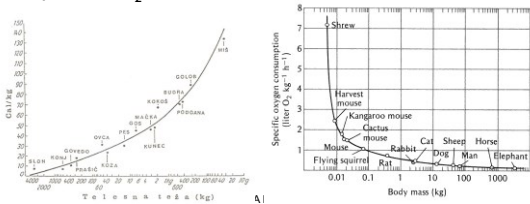
VPLIVI VELIKOSTI ŽIVALI NA FIZIOLOŠKE PROCES

- posledice velikosti živali: specifične adaptacije na okolje → specifični fiziološki procesi:
 - ▣ bazalni metabolizem,
 - ▣ poraba hrane in kisika,
 - ▣ fiziološki parametri (tel. T°, frekvenca srca in dihanja, disociacijska krivuljo oksihemoglobina),
 - ▣ gibanje,
 - ▣ življenjska doba,
 - ▣ doba preživetja pri stradanju.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

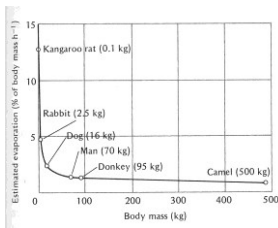
Vpliv velikosti na bazalni metabolizem

- majhne živali: ↑ količine oddane toplote v časovni enoti → ↑ bazalni metabolizem → ↑ potrebe po hrani (pri stradanju krajši čas preživetja) + ↑ poraba O₂,

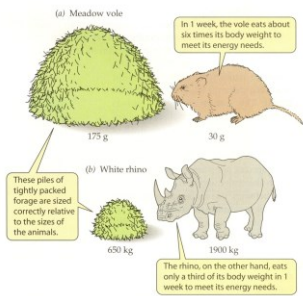


Vpliv velikosti na izhlapevanje vode:

- majhne živali: ↑ evaporacija vode → potrebno boljše “gospodarjenje” z vodo;



Vpliv velikosti na količino zaužite hrane:



37

5 RAST IN RAZVOJ

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1 RAST

38

- povečanje: mase (teže), velikosti, dolžine/višine organizma/njegovih delov,
 - posledica prevlade anaboličnih procesov v organizmu nad kataboličnimi (destruktivnimi);
 - povečevanje mase žive substance (protoplazme) ali alop plazmatskih substanc (vezivno tkivo, hrustanec, matriks kosti itd.).
 - nabiranja vode v telesu ali povečanje telesne mase zaradi sprejete hrane ni rast, čeprav se tudi v teh primerih telesna masa poveča!
- razvoj organizmov: vzpostavljanje funkcionalnih lastnosti organizma.
- Prenehanje rasti: pri odraslih živalih;
 - procesi anabolizma in katabolizma uravnoreženi

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

39

- za normalno rast organizem potrebuje:
 - stalno oskrbo s HS (vir energije in gradbenih snovi),
 - prisotnost nekaterih hormonov (GH, T3, IGF-I, insulin ...)
- **Hitrost rasti:**
 - prikazuje relativno povečevanje telesne mase glede na začetno vrednost:

$$T = M / (t \times Q)$$
 - T – hitrost rasti; M – masa živali; t – časovno obdobje; Q – začetna masa živali
 - odvisna od števila celic in razmerja med njihovim razmnoževanjem in propadanjem (apoptozo)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

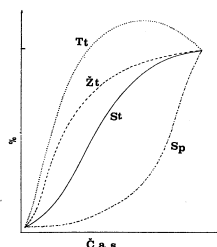
Rastna krivulja

40

- prikazuje spremembe telesne mase med rastjo
 - sigmoidna krivulja:
 - naraščanje hitrosti v začetnem obdobju rasti (dokler ni dosežena največja možna hitrost);
 - umiranje hitrosti proti koncu obdobja rasti
- organi ali področja telesa morfološko in funkcionalno rastejo z različno intenzivnostjo → pravočasno vključevanje v homeostatske in regulacijske mehanizme telesa.
- razvoj nekaterih organov poteka hitreje kot drugih;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

41

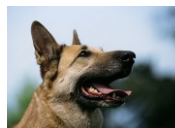


- **splošni tip (St):**
 - večina organov in tkiv,
 - celoten organizem (sigmoidna krivulja);
- **limfoidni tip (Tt) – timus:**
 - zelo intenzivno v začetnem obdobju,
 - vrh v puberteti, sledi delna regresija;
- **spolni tip (Sp) – spolni organi:**
 - v začetku zelo počasi,
 - nagla rast v puberteti;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

42

Proporcionalna in disproporcionalna rast

- **Proporcionalna rast:** del (področje) telesa ali organi rastejo enako hitro kakor drugi deli/organi.
- **Disproporcionalna rast:** če raste in se razvija del telesa ali kak organ hitreje ali počasneje kot drugi.



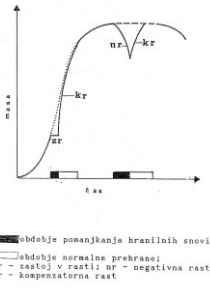
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Zastoj v rasti

- intenzivnost procesov rasti se zaustavlja (večinoma zaradi pomanjkanja HS);
- v embrionalnem obdobju nekaterih divjih živali - **embrionalna diapavza** (fiziološki proces);
- po obdobju zastoja rasti - **faza kompenzatorne rasti** (rast intenzivnejša, izgubljeni zaostanek se nadoknadi).

Negativna rast

- predvsem pri odraslih organizmih;
- procesi katabolizma v telesu prevladujejo nad procesi anabolizma;
- posledica staranja ali negativnega bilančnega metabolizma v stradanju**



2 REGENERACIJA

- spodobnost obnove izgubljenih delov telesa:
- fiziološka** - obnova:
 - epidermisa, dlake ali perja, rogov pri cervidih, delov kljuna pri pticah, krvnih celic, enterocitov, drugih celic v telesu.
- reparativna (reparacija)** - sposobnost ozdravitve manjše ali večje poškodbe telesa:
 - zaraščanje ran, obnova poškodovanih organov ali delov telesa
 - nižje živalske vrste imajo veliko večjo sposobnost reparacije kakor višje.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Hipertrofija

- povečevanje mase/V obstoječih celic na račun sinteze citoplazme;
- značilna za celice v rasti,
- pri odraslih živalih - mišice

Hiperplazija:

- povečevanje števila celic, velikost celic se ne spreminja;
- značilna za embrionalno in postembrionalno rast višjih vretenčarjev (tkiva, ki vsebujejo matične celice)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

6 STARANJE IN SMRT

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Vzroki staranja in smrti

- staranje**: telesni proces, pri katerem pričnejo destruktivni procesi prevladovati nad procesi sinteze;
 - zmanjšanje apetita, stopnje metabolizma, telesnih rezerv, mentalnih sposobnosti;
 - počasnejše reagiranje homeostatskih mehanizmov, počasnejša regeneracija tkiv
- smrt**: kadar v življenjsko pomembnih organih absolutno prevladajo katabolični procesi.
 - organizem ne more več kljubovati boleznim, oz. spremembam, ki jih je prej uspešno premagoval

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Smrt živali v naravi

- med živalmi v prosti naravi in pri večini domačih živali - staranje relativno redek pojav,
- v glavnem nasilna smrt:
 - divje živali - plen roparjev ali podležejo boleznim,
 - ekonomske živali - zakol.
- Izjeme:
 - domači mesojedi in
 - nekater druge vrste živali, ki jih človek redi v ljubiteljske namene.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Življenjska doba

49

- čas od rojstva do smrti organizma
- odvisna od genetske predispozicije in dejavnikov okolja;
 - sesalci: manjše vrste < velike;
 - ptice > sesalci.
 - največja starost med vsemi znanimi živalskimi vrstami - krokodili in želve (100 do 150 let).
- individualne razlike med vrstami – precejšnje (gl. tabelo);
- najvišje znane starosti:
 - kunec do 12 let; mačke do 31 let
 - psi - do 34 let (manjše pasme > velike)
 - najstarejša znana krava - 39 let, povrgla 30 telet

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Življenjska doba domačih živali

50

Vrsta	Življenjska doba [leta]
miš, podgana	2 – 4
budra	4 - 5
mačka	9 - 10
pes	10 - 15
konj	40 - 50
govedo	25 - 35
slon	70 - 100
gos	70 – 80

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

51

7 ŽIVALI IN OKOLJE



52

- dejavniki zunanjega okolja neprestano vplivajo na živalski organizem, ki nanje reagira kot sistem
- domače živali – kopenske → fiziološki procesi adaptirani tako, da lahko živijo v suhem, močno spremenljivem zunanjem okolju;
- fiziološki, gradbeni in vedenjski mehanizmi, katerih osnovni namen je preprečevanje izgub vode:
 - neprepustne zunanje površine;
 - notranje površine za izmenjavo snovi,
 - učinkovita izločala (ledvice),
 - notranja oploditev in razvoj fetusa/ploda;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.1 ZUNANJE (KOZMIČNO) OKOLJE

53

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

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

54

- Kemični dejavniki okolja:
 - kemična sestava vode,
 - kemična sestava zemlje,
 - kemična sestava in količina HS,
 - kemične snovi, ki onesnažujejo okolje.
- Fizikalni dejavniki okolja:
 - temperatura okolice (zraka ali vode),
 - tlak okolice (zraka ali vode),
 - svetloba (čas in jakost osonečenja),
 - druga elektromagnetna valovanja,
 - zvočni učinki (hrup).



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Biološki dejavniki okolja:

55

- 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

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.2 NOTRANJE OKOLJE

56

- **za normalno delovanje organizme nujno, da se okolje, v katerem potekajo biokemijski procesi, ohranja čim bolj nespremenjeno;**
 - organizem kopenskih živali kot celota - dobro prilagojen na zunanje okolje,
 - posamezne celice - zelo občutljive na spremembe:
 - z zunanjim okoljem v stiku samo majhen del celic;
 - večino celic pred zunanjim okoljem ščiti **ekstracelularna tekočina**, ki jih obdaja in zapolnjuje prostor med celicami;
 - **ker so prostori med celicami ločeni od zunanjega okolja, jih imenujemo notranje okolje.**
- pojem l. 1872 uvedel francoski fiziolog C. Bernard (1813 – 1878), utemeljitelj sodobne eksperimentalne fiziologije

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Notranje okolje

57

- **v ožjem pomenu = ekstracelularna / izvenscelična tekočina:**
 - oblika celice znotraj organizma,
 - njene kemične in fizikalne lastnosti se spreminjajo počasneje kot zunanje okolje organizma → nespremenjene razmere znotraj celic;
- **v širšem pomenu - okoliščine, ki omogočajo obstoj in delovanje organizma s tem, da v ozkih mejah ohranjajo sestavo in lastnosti ekstracelularne tekočine:**
 - koncentracija različnih snovi (soli, hranilnih snovi itd.).
 - temperatura, tlak tekočin, plinov, pH,

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

58

8 HOMEOSTAZA IN HOMEOREZA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

59

- Živalske celice lahko delujejo, če se njihovo notranje okolje ohranja znotraj sprejemljivih meja:
 - spremembe zunanjega okolja → sprembe sestave / razmer v celicah → motnje v delovanju ali propad celic.
 - **zato: 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 = homeostaza (homoios /gr./ podoben)**
 - pojem l. 1929 uvedel ameriški fiziolog W. Cannon (1871-1945)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

60

- pri homeostazi sodelujejo vsa tkiva in vse celice, stalnost notranjega okolja pa jim povratno omogoča normalno delovanje;
- sistemi urejanja homeostaze lahko delujejo:
 - samo znotraj posameznih organov ali,
 - pa povezujejo številne organe in organske sisteme,
 - dihala skupaj z živčnim sistemom – koncentracija CO_2 ;
 - jetra in trebušna slinavka – koncentracija glukoze;
 - ledvice – koncentracija ionov;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2.1 Mehanizmi urejanja homeostaze

- Procesi, ki vzdržujejo homeostazo, delujejo na principu **povratne zveze**:
 - informacija o določenem parametru (npr. temperatura, slanost, pH ...) → kontrolo procesa v celicah, tkivih ali organih;
 - zaznava sprememb parametra → takojšnji korekcijski proces → parameter se normalizira;
 - obliki: **negativna + pozitivna**
- homeostatski sistem zato sestavljajo:
 - uravnavani parameter (variabla, spremenljivka),
 - prejemnik (receptor, senzor),
 - nadzorni center (integrator),
 - izvršni dejavnik (efektor).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01



2.1.1 Mehanizem negativne povratne zveze (negative feedback):

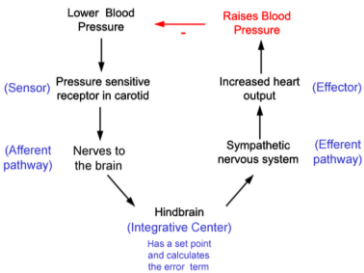
- **deluje zaviralno (negativno) na tiste procese, ki v organizmu sprožijo njegov nastanek → spremeni smer spremembe;**
- omogoča, da nek proces ostane v normalnih mejah (se stabilizira);
- deluje na ravni celice in organizma kot celote;
- brez njega organizem ne bi mogel preživeti;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- najbolj značilni mehanizmi negativne povratne zveze:
 - delovanje hormonalnega in živčnega sistema,
 - uravnavanje delovanja krvnega obtoka in dihal,
 - uravnavanje pH krvi, koncentracije nekaterih ionov;
 - termoregulacija, osmoregulacija ...,
- **za ohranjanje homeostaze najbolj učinkovito kombinirano delovanje živčnega in hormonalnega sistema!**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Primer mehanizma negativne povratne zveze (Urejanje krvnega tlaka)



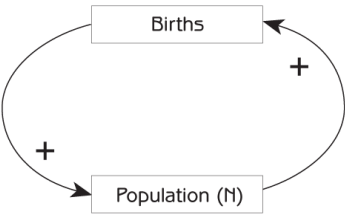
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2.1.2 Mehanizem pozitivne povratne zveze (positive feedback):

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

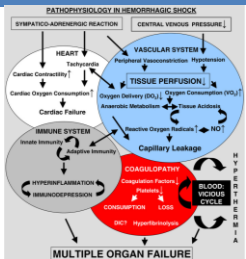
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Primer pozitivne povratne zveze (velikost populacije in število rojstev)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- mehanizem pozitivne povratne zveze: pogost pri patoloških procesih,
- če se ne ustavi → destabilizira organizem → začarani krog (lat. *circulus vitiosus*) → nestabilnosti in propad celotnega organizma



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2.2 Homeostaza – pomembni procesi

- **Stalnost kemične sestave krvi in telesnih tekočin:**
 - **izohidrija** - stalnost koncentracije vodikovih ionov (pH);
 - telesni puferski sistemi, dihanje, ledvice;
 - **izoionija** - stalnost koncentracije ionov;
 - ledvice, endokrini sistem (aldosteron, PTH, itd.)
 - **izotonija** - stalnost osmotskega tlaka;
 - ledvice, jetra, endokrini sistem;
 - **izoglikemija** - stalnost koncentracije glukoze;
 - jetra, ledvice, endokrini sistem;
 - vzdrževanje stalne koncentracije drugih hranilnih snovi v krvi/ telesnih tekočinah
 - omogočajo ga različni organi

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- **Stalnost volumna krvi in telesnih tekočin – izovolemija;**
 - center za žejo, sistem za tvorbo gostega in/ali redkega urina v ledvicah;
- **Stalnost oskrbe organizma s kisikom;**
 - rdeči kostni mozeg, hemoglobin, ledvice s tvorbo eritropoetin in odplavljanje CO₂ (dihalni center)
- **Stalnost vzdrževanja krvnega tlaka;**
 - srce, ožilje, baroreceptorji;
- **Stalnost telesne temperature;**
 - center za termoregulacijo;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2.3 HOMEOREZA

- voden (koordiniran) proces predvsem presnove v telesu, potreben za vzdrževanje določenega fiziološkega stanja;
- tendenca razvijajočega ali spreminjajočega se organizma, da nadaljuje spremembo ali razvoj v določeno smer (proti določenemu stanju) kljub motnjam;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Primeri homeoreze v organizmu:

- brejost (prerazporeditev HS/E za potrebe plodu),
- laktacija (prerazporeditev HS/E v mlečno žlezo),
- rast in razvoj (prerazporeditev HS/E, gradbenih in katalitičnih snovi v različne predele telesa),
- mišično delo (prerazporeditev HS/E v mišice),
- stradanje (praznjenje telesnih skladišč),
- menjava dlake/perja (procesi golenja, izpadanja perja in rasti novega), rast rogov pri jelenjadi

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2.4 Časovni okvir fizioloških sprememb

73

- posledice sprememb v okolju:
 - ▢ akutne fiziološke spremembe,
 - ▢ kronične fiziološke spremembe
 - ▢ evolucijske spremembe
- posledice notranjih "programov":
 - ▢ spremembe v rasti in razvoju (ontogenezi)
 - ▢ spremembe zaradi bioloških ritmov

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2.5 Fiziološke prilagoditve

74

- **Aklimatizacija:** dolgotrajnejša – kronična prilagoditev organizma na spremembe v okolju (naravno stanje);
- **Aklamacija:** dolgotrajnejša – kronična prilagoditev organizma na posamezno (ali več) spremembo v okolju (stanje v hlevu);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

75

9 BIOLOŠKI RITMI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

76

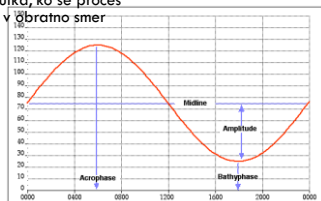
- fiziološki procesi v telesu:
 - ▢ biokemičnega izvora, p
 - ▢ otekajo z različno intenzivnostjo:
 - ▢ kljub homeostatskim mehanizmom - pri večini živali ritmična nihanja (spremembe) fizioloških procesov;
 - ▢ **aktivnost nekega procesa se v določenem časovnem obdobju zvišuje, doseže svojo maksimalno vrednost in se nato ponovno zmanjšuje.**
- spremembe intenzivnosti procesov v telesu = **bioritmika**.
 - ▢ procesi bioritmike - primerljivi z valovanji.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

3.1 Parametri bioloških ritmov

77

- **obdobje (perioda):** celotni čas od pričetka procesa do trenutka, ko ta preneha in prične prehajati v naslednjega
- **faza:** čas od pričetka procesa do trenutka, ko se proces prevesi v obratno smer
- **amplituda:** na krivulji od srednje vrednosti najbolj oddaljena točka
- **frekvenca:** število bioritmčnih procesov v časovni enoti



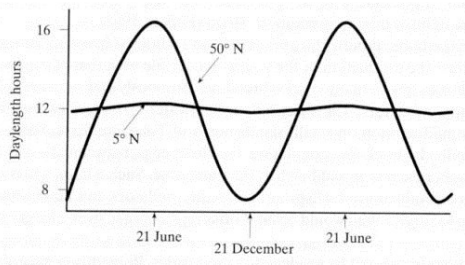
3.2 Nastanek in izvor bioloških ritmov

78

- 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
- vloga - prilagajanje organizmov na spremembe v okolju → omogočena največja aktivnost v najugodnejšem času (dneva, leta) → prednost v boju za obstanek.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Dolžina dneva (na 50°N in 5°N)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Izvor bioloških ritmov

Notranji (endogeni):

- ▣ posledica aktivnosti centrov 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!

Zunanji (eksogeni):

- ▣ zunanji dražljaji (sprememba dolžine dneva, intenzivnost osvetlitve, barve, temperatura itd.);
- ▣ delovanjem na čutila → področja v osrednjem živčevju → biološki ritmi;
- ▣ Če zunanji dejavnik izostane, biološki ritem izgine!

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Delovanje centrov za biološke ritme

- ▣ mreže živčnih celic, ki vsebujejo podmreže in enega ali več ritmovnikov (*pacemaker*),
- ▣ v ritmovnikih nastajajo akcijski potenciali, ki se nato prevajajo in časovno ali kakovostno preoblikujejo,
- ▣ dokončna posledica - nastanek ritmov različnih period.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

3.3 Razdelitev bioloških ritmov

- ▣ glede na valovno dolžino:
 - ▣ ritmi s kratko valovno dolžino (akcijski potenciali, EEG)
 - ▣ ritmi s srednjo valovno dolžino (delovanje srca, dihanje, krčenje prebavil)
 - ▣ ostali telesni ritmi
- ▣ glede na frekvenco:
 - ▣ visokofrekventna bioritmika (bioelektrične aktivnosti, krčenje srca, dihanje, itd)
 - ▣ nizkofrekventna bioritmika (vse ostale vrste bioloških ritmov; dnevne, sezone, enoletne, večletne ritmike)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

▣ glede na trajanje periode

- ▣ infrakratke periode (trajanje p.: 0,01 – 0,1 sekunde; akcijski potenciali in druge bioelektrične aktivnosti)
- ▣ kratke periode (trajanje p.: 0,5 – 3 sekunde; krčenje srca, dihanje, gibanje gladkih mišic prebavnega in urogenitalnega trakta itd.)
- ▣ srednje dolge periode (trajanje p.: nekaj ur, dan ali nekaj dni, več tednov):
 - ▣ cirkadiana ali dnevna ritmika
 - ▣ tedenska in mesečna bioritmika (ritmika pojatvenih ciklov pri poliestričnih živalih itd.)
- ▣ dolge periode (trajanje p.: nekaj mesecev do enega leta)
 - ▣ cirkannuala ali letna bioritmika

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

3.4 Cirkadiani bioritem

- ▣ 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;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

85

□ primeri cirkadiane bioritmike:

■ spremembe v kemični sestavi krvi, v številu krvnih celic,

■ spremembe v intenzivnosti presnove, v izločanje nekaterih hormonov,

■ spremembe v aktivnosti fizioloških procesov (spanje in budnost);

□ Uravnavanje:

■ Center: *nucleus suprachiasmaticus hipotalamusa* (endogena bioritmika sinhronizirana s spremembami v okolju) → izločanje epifiznega hormona melatonina (→ VF04-02).

■ endogena bioritmika sinhronizirana s spremembami v okolju

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Cirkadiani vzorec izločanja melatonina

86

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Cirkadiana bioritmika tiroksina:

87

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

3.5 Cirkanualni bioritem

88

□ trajanje periode približno eno leto (circa (približno); anum (leto)); primeri:

■ pojatveni ciklusi pri monoestričnih živalih,

■ migracije ptic selkv 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);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Dolžina dneva/noči med letom na različnih geografskih širinah

89

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

90

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

17

študijsko gradivo

91

10 PREHOD SNOVI SKOZI MEMBRANO

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.1 ZGRADBA IN FUNKCIJE CELIČNE MEMBRANE

92

- telesne celice med seboj neprestano komunicirajo in sodelujejo, vendar ob tem ohranajajo svoje lastnosti;
- med celico in njeno okolico stalno poteka izmenjava snovi;
- ključno vlogo pri tem ima **celična membrana /plazemska membrana /plazmalema**, ki hkrati deluje kot:
 - pregrada,
 - medij skozi katerega celica komunicira z okoljem;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.1.1 Splošne funkcije celične membrane:

93

- **Bariera:**
 - ločuje notranjost celice (citosol – intracelularno tekočino) od tekočine v okolici (ekstracelularna tekočina);
 - zaradi svoje molekularne sestave **selektivno (diferencialno) prepustna** → uravnavanje izmenjave snovi:
 - snovi, ki jih celica potrebuje, lahko vstopajo vanjo,
 - različni ekskreti in odpadne snovi izstopajo,
 - nekatere snovi zadržuje znotraj celice,
 - drugim preprečuje vstopanje;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

94

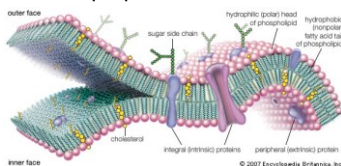
- **Komunikacija med celico in okolico:**
 - Membranski receptorji → prepoznavanje in odgovarjanje na specifične molekule v okolici;
 - **Vsaka sprememba celične membrane vpliva na delovanje celice;**
- **Strukturna vloga:**
 - Povezana s proteini citoskeleta (ohranjanje oblike celice)
 - Povezava z okolnimi celicami (oblikovanje tkiv)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.1.2 Lastnosti in zgradba celične membrane

95

- zelo tanka elastična struktura (debelina 7,5 – 10 nm)
- bolj ko je celica metabolično aktivna, več integralnih proteinov vsebuje njena membrana

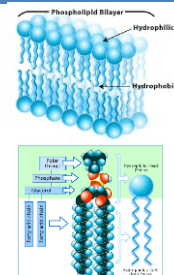


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.1.2.1 Vloge membranskih lipidov

96

- osnova membrane: **dvoslojni lipidni matiks** (fosfolipidne molekule), v lipidnem delu - **molekule holesterola** (nepolaren!) → **fluid mosaic model**
- Funkcije:
 - bariera (samo prehod v maščobi topnih molekul);
 - osnova, na katero so vezani membranski proteini;



<http://www.biotech.ubc.ca/Bio-industry/graphics/DrugsInsideLiposome.gif>

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.1.2.2 Vloge membranskih proteinov:

- **integralni + periferni proteini**
- **1. strukturna vloga:**
 - povezujejo membrano in celični skelet → ohranjajo obliko celic;
 - oblikujejo stičnice med celicami;
- **2. encimska vloga:**
 - kataliziranje kemičnih reakcij na P ali tik pod P membrane,
 - npr. v epitelinih celicah tankega črevesa;
 - sodelujejo pri prenosu signalov iz okolja v citoplazmo;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- **3.receptorji:**
 - del signalnega sistema organizma;
 - vsak specifičen za določeno molekulo (ligand) ali družino molekul;
 - vezava liganda na receptor → proces na membrani (npr. aktivacija membranskih encimov);
- **4. transporterji:**
 - omogočajo molekulam prehod skozi celično membrano (v ali iz celice);
 - kategoriji:
 - ionski kanalčki,
 - prenašalne beljakovine.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

A) Ionski kanalčki

Glede na selektivnost:

- **Neselektivni** → prepuščajo katerekoli, tudi večje nenabite delce
- **Selektivni** → prepuščajo le določene ione;
 - Dobro: Na^+ , K^+ , Li^+ ...
 - Slabo: anione (npr. Cl^-)

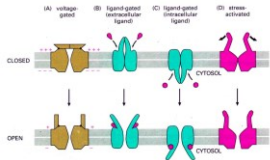
Glede na prehodnost:

- **odprti** → prost pretok ionov
 - zaprejo se le pod določenimi pogoji
- **zaprti** → večinoma zaprti;
 - odpirajo se le pod določenimi pogoji

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

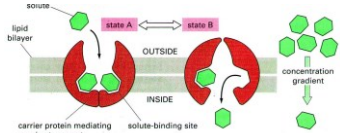
Odpiranje kanalčkov povzročajo:

- kemične snovi - **ligandi** (*Ligand Gated Channels*) → sprememba konfiguracije kanalčka,
- akcijski potencial (*Voltage Gated Channels*) → sprememba naboja na membrani,
- fizikalni dejavniki (*Mechanically Gated*) → raztezanje membrane;



B) Prenašalni proteini:

- vežejo specifične molekule (**substrate**) in jih prenesejo skozi membrano zaradi spremembe svoje konformacije (oblike);
- prenos: majhne organske molekule (npr. glukoza, AK)
 - razmeroma počasen: $10^3 - 10^6$ mol/s;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.1.3.3 Membranski ogljikovi hidrati

- polimeri glukoze, vezani na:
 - membranske proteine → **glikoproteini**;
 - membranske lipide → **glikolipidi**;
- locirani samo na zunanji površini membrane, kjer oblikujejo zaščitno plast = **glikokaliks**;
- imajo ključno vlogo pri obrambi celice.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.2 PREHOD SNOVI SKOZI MEMBRANO

103

nekatere snovi, npr. H_2O , O_2 , CO_2 , nekateri lipidi / polarne snovi – prehajajo enostavno;

loni, velike polarne molekule, molekule proteinov – prehajajo skozi membrano težko ali pa sploh ne;

prepustnost membrane je variabilna - zaradi lastnosti membranskih lipidov ali proteinov:

permeabilna (prepustna) – če jo določena molekula lahko preide;

nepermeabilna (neprepustna) – če ne dovoli prehoda določene molekule;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Razdelitev prenosa glede na porabo energije

104

Diagram illustrating transport mechanisms across a cell membrane:

- pasivni transport** (passive transport):
 - difuzija (diffusion)
 - olajšana difuzija (facilitated diffusion)
- aktivni transport** (active transport): uses energy (ATP) to move substances against their concentration gradient.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2.2.1 Pasivni prehod

105

gibalno prehoda - kinetična energija molekul zaradi koncentracijskega ali elektrokemičnega gradienta;

Oblike: pasivnega prehoda:

difuzija,

osmoza,

prehodi skozi membranske kanalčke (olajšana difuzija),

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

A) Difuzija

106

$$\text{difuzija} = \frac{\Delta C \cdot P \cdot T}{M \cdot D}$$

Legenda:

ΔC - razlika v koncentracijah

P - površina področja izmenjave snovi

T - temperatura

M - molska masa

D - razdalja (debelina membrane)

Diffusion (Solvent moves by concentration gradient)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Oblike difuzije:

107

Enostavna difuzija

membrana prepušča:

lipide, steroide, majhne lipofilne molekule, npr. alkoholi, različni narkotiki → difuzija v raztopljenem stanju;

nekatere lipidne membrane (z nizko vsebnostjo holesterola!) prepuščajo vodo;

Olajšana difuzija

prenosniki (beljakovine celične membrane);

molekule, ki se prenašajo:

ogljikovi hidrati (glukoza),

aminokisline,

žolčne kisline.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Primerjava hitrosti enostavne in olajšane difuzije

108

Graph showing the rate of glucose uptake (V) versus external concentration of glucose (mM):

- Facilitated diffusion** (red curve): Shows saturation at V_{max} and half-saturation at $\frac{1}{2} V_{max}$.
- Passive diffusion** (black line): Shows a linear relationship.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

20

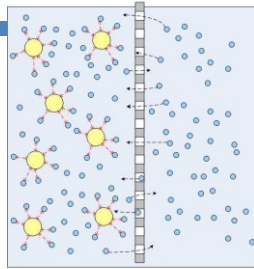
študijsko gradivo

Osmosis

Hypotonic (Swollen cell)

Isotonic (Normal)

Hypertonic (Shriveled cell)



Net flow of small molecules is toward the higher concentration of large molecules (left) because the solute hinders passage toward the lower concentration (right).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- prehod snovi proti koncentracijskemu gradientu (→ črpalke);
- poraba energije: ATP;
 - integralni proteini celične membrane delujejo kot **črpalke (ATP-aze)**
- **Klasifikacija** (glede na število molekul in smer):
 - posamezne molekule
 - več molekul hkrati - **kotransporterji**:
 - enosmerni – **simport**;
 - dvosmerni – v eni smeri prenašajo eno, v obratni smeri pa drugo vrsto ionov – **antiport**;
- **Mehanizem delovanja**: substrat se veže na proteinski nosilec → sprememba konformacije → sprostitve substrata na nasprotno stran membrane;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

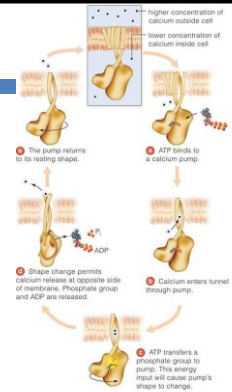
The diagram illustrates the Na⁺ pump cycle across a cell membrane. The cycle consists of several steps:

- 1 K⁺ is released and Na⁺ ions are recognized:** K⁺ ions are released from the pump, and Na⁺ ions are recognized by the pump.
- 2 Loss of phosphorylation:** The pump loses its phosphorylation, returning to its original conformation.
- 3 K⁺ binding:** K⁺ ions bind to the pump.
- 4 The conformational change opens Na⁺ to the outside:** The pump changes its conformation, opening to the outside and releasing Na⁺ ions.
- 5 Binding of cytoplasmic Na⁺ to the protein causes phosphorylation by ATP:** Cytoplasmic Na⁺ binds to the pump, causing it to be phosphorylated by ATP.
- 6 Phosphorylation causes the protein to change its conformation:** The phosphorylation causes the pump to change its conformation, opening to the inside and releasing Na⁺ ions.

The diagram also shows the pump's cycle repeating, with Na⁺ ions being pumped out and K⁺ ions being pumped in. The pump is shown in a cycle, with the Na⁺ pump cycle repeating.

© 2000 Abbott Vascular Longhorn, Inc.

- koncentracija Ca^{2+} :
izvencelična tekočina > celica (do 10.000-krat);
- razliko ustvarja kalcijeva črpalka;
- v celični membrani, v steni SR skeletnih mišic, v steni mitohondrijev)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA

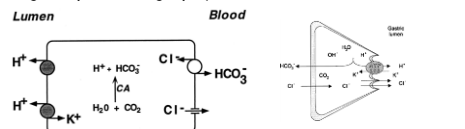
© 2007 Thomson Higher Education

The diagram illustrates the transport mechanisms in a thyroid follicular cell. The cell is shown with a pink 'Blood' region at the top and a yellow 'Colloid' region at the bottom. The cell membrane is purple. On the apical (top) membrane, there is a Na⁺/I⁻ symporter (labeled 2) and a T₃/T₄ symporter (labeled 6). On the basolateral (side) membrane, there is an I⁻ channel (labeled 1) and a T₃/T₄ symporter (labeled 5). Inside the cell, 'Protein synthesis' leads to 'Enzymes' and 'Thyroglobulin'. 'Thyroglobulin' is then transported to the colloid (labeled 3). In the colloid, 'Thyroglobulin' is converted to 'T₃' and 'T₄' (labeled 4). The 'Colloid' is also labeled at the bottom.

1. Follicular cell synthesizes enzymes and thyroglobulin for colloid.
2. I^- is co-transported into the cell with Na^+ and transported into colloid.
3. Enzymes add iodine to thyroglobulin to make T_3 and T_4 .
4. Thyroglobulin is taken back into the cell.
5. Intracellular enzymes separate T_3 and T_4 from the protein.
6. Free T_3 and T_4 enter the circulation.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- ▣ parietalnih celicah tubularnih žlez v fundusni sluznici želodca (sinteza HCl v želodcu)
- ▣ distalnih ledvičnih tubulih - (izločanje H^+ in regulacija telesnega pH)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

B) Sekundarni aktivni prenos

115

- proces porablja kinetično energijo ene molekule, ki prehaja v smeri koncentracijske razlike, za prenos druge molekule proti koncentracijski razliki;
- smeri prehoda: **simport** ali **antiport**;
- Primeri:
 - od Na⁺ odvisni transporterji:
 - simport - glukoza, aminokisline, žolčne kisline, nevrottransmiterji; K⁺/2Cl⁻.
 - antiport: H⁺, Ca²⁺
 - od Na⁺ neodvisni transporterji: HCO₃⁻/Cl⁻; H⁺/K⁺ (antiport!)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2.3 PREHAJANJE SNOVI SKOZI CELICO

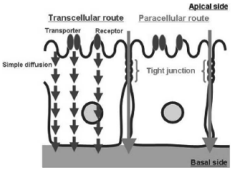
116

Transcelularni prehod:

- omogoča velikim proteinom prehod skozi epitelij, brez da bi se spremenili.

Paracelularni prehod:

- skozi tesne stičnice v bazolateralno tekočino/prostor: voda in nekatere vodotopne snovi;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

11 RAZPOREDITEV VODE IN RAZTOPIN V TELESU

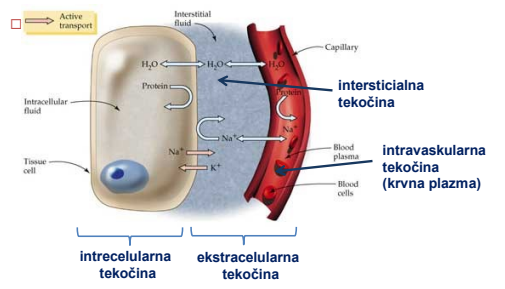
117

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- celične membrane delijo notranjost telesa v različne predelke;
- večina telesnih celic ni v direktnem kontaktu z zunanostjo, pač pa so obdane z ekstracelularno tekočino;
- če si vse celice telesa predstavljamo kot enoto, telesno tekočino lahko razdelimo v dva predelka:
 - 1. intracelularno tekočino znotraj celic in
 - 2. ekstracelularno tekočino zunaj celic:
 - intersticijska tekočina (ki direktno obdaja celice),
 - intravaskularna tekočina (plazma - tekoči del krvi)

Razporeditev telesnih tekočin

119



intracelularna tekočina ekstracelularna tekočina

intersticijska tekočina intravaskularna tekočina (krvna plazma)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- Intersticijska in intravaskularna tekočina - med seboj ločeni s steno krvnih obtočil:
 - endotelij v večini žil obdan s plastmi vezivnega tkiva in mišic → izmenjava med plazmo in intersticijsko tekočino nemogoča;
 - kapilare – zgradba omogoča izmenjavo med plazmo in intersticijsko tekočino (zadržuje le beljakovine in krvne celice);
- med krvjo in intersticijsko tekočino poteka izmenjava snovi, ki jo uravnavajo lastnosti celične membrane in teh snovi

121

- topljenci se v telesu razporejajo glede na to, ali prehajajo skozi celično membrano oz. epitelij kapilar:
 - molekule, npr. H_2O , ki lahko difundirajo skozi membrane, dokler ni doseženo ravnotežje med ekstra- in intracelularno tekočino;
 - molekule oz. ioni, ki potrebujejo beljakovinske nosilce, v nekaterih primerih sploh ne morejo doseči ravnotežja med ekstra- in intracelularno tekočino – zaradi **selektivne permeabilnosti (polpropustnosti) membran**;
- **s spreminjanjem proteinskih transporterjev v membrani celica izbira, katere molekule jo bodo zapustile oz. vstopile vanjo**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

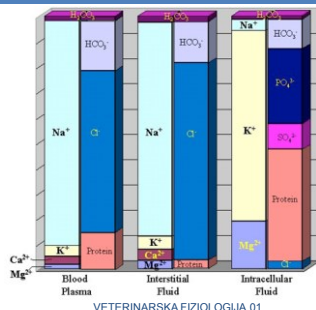
122

- zaradi difuzije vse snovi v telesu težijo k vzpostavitvi kemičnega ravnotežja;
- to le redko doseženo (zaradi selektivnosti celične membrane in kapilarnega endotelija) → telo v stanju **kemičnega neravnotežja**:
 - ohranja ga aktivni transport, ki porablja energijo za premikanje ionov iz enega predelka v drugega
- **Koncentracijska razlika med molekulami in ioni v različnih predelkih telesa je bistvena za delovanje živega organizma.**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Koncentracija snovi v ekstra- in intracelularni tekočini

123



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

124

- **Voda**: lahko prehaja skozi membrano → **se vedno razporedi tako, da se njena koncentracija izenači v vseh razdelkih (osmotsko ravnotežje!)**
- Ker so številni topljenci v telesu ioni s (+) ali (-) nabojem, je telo tudi v stanju **električnega neravnotežja** (bistveno za delovanje živcev in mišic);
 - v intracelularni tekočini – rahel prebitek negativnih ionov;
 - v ekstracelularni tekočini – rahel prebitek pozitivnih ionov
- **telo kot celota je električno nevtravno**;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

125

12 MEMBRANSKI POTENCIAL V MIROVANJU

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

126

- predelki telesa so v osmotskem, ne pa tudi kemičnem ravnotežju;
- zaradi neenakomerne distribucije ionov v različnih predelkih telesa – **električno neravnotežje**;
- pri električnih pojavih v telesu delujejo fizikalne (električne) zakonitosti:
 - 1. zakon o ohranjanju električnega naboja (+ in - ioni vedno v parih),
 - 2. nasprotni naboji se privlačijo, enaki odbijajo;
 - 3. za ločitev + in - ionov je potrebna energija;
 - 4. snovi, ki prevajajo naboj so prevodniki, tiste ki prenos preprečujejo so izolatorji.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

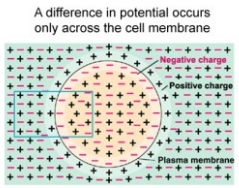
1.1 Nastanek membranskega potenciala:

127

- procesi aktivnega transporta omogočajo potovanje nekaterih ionov skozi celično membrano:
 - zaradi razlik v nabojih ionov zunaj in znotraj celice nastane **električna razlika**;
 - hkrati nastane tudi razlika v koncentracijah ionov zunaj in znotraj celice – **kemična razlika**;
 - kombinacija električne in kemične razlike = **elektrokemična razlika (gradient)**.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- električna razlika (**napetost**) med ekstracelularno in intracelularno tekočino v mirujoči celici – samo na membrani:
 - zunanja stran (+) naboj;
 - notranja stran (-) naboj;
- = **membranski potencial v mirovanju**.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.2 Nernstov potencial

129

- ioni prehajajo skozi polprepustno membrano (samo enako nabiti delci) v smeri koncentracijskega gradienta, dokler se ne vzpostavi ravnotežje med njimi zaradi:
 - kinetične energije molekul in
 - naboja, ki z zvečano koncentracijo preprečuje nadaljnje vstopanje teh delcev.
- razliko v potencialih imenujemo uravnoteženi ali **Nernstov potencial**.
- Pogoji za nastanek Nernstovega potenciala:**
 - 1. membrana mora biti polprepustna (ioni nasprotnega naboja ne morejo prehajati),
 - 2. koncentracija ionov, ki jo prehajajo, mora biti na eni strani večja kot na drugi;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Izračun Nernstovega potenciala

130

- Pri telesni temperaturi 37 °C je potencial (električna napetost), ki uravnava razliko za enovalentne ione (Na^+ , K^+ , Cl^-) prikazan s formulo (**Nernstova formula/enačba**):
EMF (mV) = $\pm 61 \log (C_1/C_2)$
EMF – napetost (ElectroMotive Force) znotraj celice (mV), C_1 – koncentracija v raztopini 1 (ekstracelularni); C_2 – koncentracija v raztopini 2 (intracelularni); + ion negativen, – ion pozitiven
- s formulo lahko izračunamo Nernstov potencial za katerikoli enovalentni ion, npr.:
 - koncentracija pozitivnega Na^+ v celici je 10-krat večja kot izven celice;
 - EMF (mV) = $-61 \log (10/1) = -61 \log 10 = -61 \text{ mV}$

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- ker je membrana celic prepustna za različne ione, je potencial odvisen od večjega števila dejavnikov:
 - naboja (polarnosti) vsakega posameznega iona,
 - prepustnosti membrane za vsak posamezni ion,
 - koncentracije posameznega iona znotraj in zunaj membrane;
- membranski potencial za večje število ionov lahko izračunamo po Goldman-Hodgkin-Katzovi enačbi;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Goldman-Hodgkin-Katzova enačba

132

- če upoštevamo ione Na^+ , K^+ in Cl^- :
$$C_{\text{Na}^+} \times P_{\text{Na}^+} + C_{\text{K}^+} \times P_{\text{K}^+} + C_{\text{Cl}^-} \times P_{\text{Cl}^-}$$
- EMF = $-61 \log \frac{C_{\text{Na}^+} \times P_{\text{Na}^+} + C_{\text{K}^+} \times P_{\text{K}^+} + C_{\text{Cl}^-} \times P_{\text{Cl}^-}}{C_{\text{Na}^+} \times P_{\text{Na}^+} + C_{\text{K}^+} \times P_{\text{K}^+} + C_{\text{Cl}^-} \times P_{\text{Cl}^-}}$
 - EMF - membranski potencial (mV)
 - C_c - koncentracija v celici
 - C_i - koncentracija izven celice
 - P - propustnost (permeabilnost)

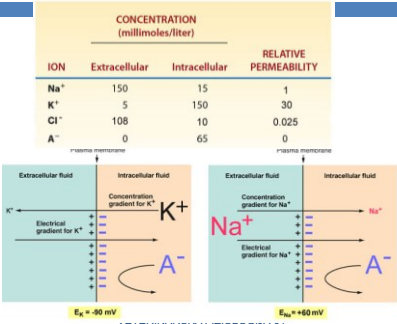
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.3 Dejavniki za nastanek membranskega potenciala:

- 1. Nernstov potencial
- 2. Na-K črpalka (za 2K⁺, ki vstopita v celico, jo 3Na⁺ zapustijo);
 - ker Na⁺ neprestano izstopajo na zunanjo P celične membrane → presežek: (+) naboj;
- 3. različna propustnost membrane za Na⁺ in K⁺:
 - membrana v mirovanju ~100-× bolj prepustna za K⁺ kot za Na⁺
 - K⁺ prehajajo iz celice na njeno P → prispevajo k (+) naboju;
 - Na⁺ skoraj ne prehajajo v notranjost celice;
- 4. zajetje (-) ionov v notranjosti celice:
 - zaradi presežka (+) ionov na eni zunanji strani membrane;
 - nosilci (-) naboja: AK, proteini, v manjši meri sulfatni in klorovi ioni.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

Razmerje med K⁺ in Na⁺ v intra- in ekstracelularni tekočini:



Na+

$$E = \frac{61}{z} \log \left[\frac{\text{Conc Na}^+ \text{ out (150 mM)}}{\text{Conc Na}^+ \text{ in (15 mM)}} \right]$$
$$61 \log (10) = 61 (1) = +61 \text{ mV}$$

K+

$$E = \frac{61}{z} \log \left[\frac{\text{Conc K}^+ \text{ out (5 mM)}}{\text{Conc K}^+ \text{ in (150 mM)}} \right]$$
$$61 \log \left(\frac{1}{30} \right) = 61 (-1.47) = -90 \text{ mV}$$

61 = Conversion factor involving the gas constant, absolute temperature, and Faraday constant
z = ion valence which is 1 for Na⁺, K⁺, and Cl⁻

+61
0
-70
-90
Resting potential

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

136 13 AKCIJSKI POTENCIAL

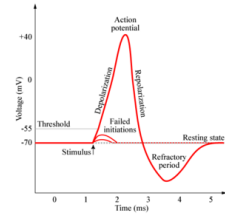
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

- AP - nagle, pulzirajoče spremembe membranskega potenciala, ki se širijo po celični membrani;
 - začne se z nenadno spremembo iz negativnega membranskega potenciala v mirovanju v pozitivnega in
 - konča z naglim prehodom iz pozitivnega v negativni naboj;
- AP nastajajo v vzdražljivih celicah:
 - nevroni,
 - mišične celice,
 - nekateri endokrine celice;
- AP v nevronih = živčni impulzi;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1 Faze AP:

- med AP nastajajo zaporedne spremembe naboja celice – posledica prehajanja ionov skozi celično membrano;
 - faza mirovanja (membranski potencial v mirovanju);
 - faza depolarizacije;
 - faza repolarizacije;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

1.1 Faza mirovanja:

- predstavlja **membranski potencial v mirovanju** pred začetkom AP;
- v tem času je membrana polarizirana → napetost med zunanjo in notranjo površino približno -90 mV ;

The diagram illustrates a cell membrane at rest, separating the extracellular space (top, yellow) from the intracellular space (bottom, blue). The membrane is composed of a phospholipid bilayer. Key features include:

- Ion Concentrations:**
 - Extracellular space:** $[K^+] = 20\text{ mM}$ (yellow dots), $[Na^+] = 450\text{ mM}$ (blue dots).
 - Intracellular space:** $[K^+] = 400\text{ mM}$ (yellow dots), $[Na^+] = 50\text{ mM}$ (blue dots).
- Membrane Potential:** Indicated as 60 mV across the membrane.
- Transporters and Channels:**
 - Na⁺/K⁺ pump:** A large orange protein with a yellow circle, shown moving Na^+ out and K^+ in, consuming ATP (indicated by a red 'X' and 'ATP' label).
 - K⁺ channel:** A purple protein with a yellow circle, shown allowing K^+ to flow out of the cell.
- Labels:** 'Outside' at the top and 'Inside' at the bottom.

1.3 Faza repolarizacije

- približno $1/10,000$ sek po odpiranju Na^+ kanalčkov:
 - zapiranje Na^+ kanalčkov + odpiranje K^+ kanalčkov;
 - zaradi razlike v koncentraciji $\rightarrow$ izstopanje $\text{K}^+ \rightarrow$ P celične membrane se ponovno nabije s pozitivnimi naboji, tokrat K^+
- kombinirani učinek zmanjšane vstopanja Na^+ in povečanega izstopanja $\text{K}^+ \rightarrow$ pospešena repolarizacija celice;
- obnovev membranskega potenciala v mirovanju: v nekaj $1/10,000$ sek;
- po koncu AP - kratkotrajen negativni naboj = **hiperrepolarizacija (undershoot);**
 - zaradi toka K^+ v celico, potem ko se naboj že izenači;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

2 Zakon »vse ali nič«

144

- vsaka vzdražljiva celica ima lasten **prag vzdraženja**:
 - če depolarizacija ni zadosti velika, da bi dosegla prag, AP ne nastane,
 - če je prag dosežen ali presežen, se Na kanalčki odprejo in dovolijo vdor Na^+ v celico → nastanek AP.
- pojav imenujemo **zakon vse ali nič**:
 - Na-kanalčki so lahko samo ali odprti ali zaprti, vmesna stopnja ni mogoča.
 - AP vedno doseže vrednost + 40 mV, ko teče vzdolž aksona,
 - v dolgih nevronih se nikoli ne poveča ali zmanjša.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

3 Reobaza in kronaksija

145

- osnovna parametra za izražanje vzdražljivosti tkiv;
- vpliv jakosti dražljaja na čas sprožanja AP:
 - ▢ če vzdražimo tkivo z električnim tokom določene napetosti, bomo dobili odgovor v nekem časovnem obdobju (v obliki AP).
 - ▢ če zmanjšujemo napetost toka, s katerim dražimo vzdražljivo tkivo, se čas odgovora skrajšuje;
- najmanjšo napetost, pri kateri pride do sproščanja AP, imenujemo **reobaza**;
 - ▢ čas odgovora imenujemo **koristni čas**.
 - ▢ če vrednost za reobazo dvakrat povečamo in z njo vzdražimo tkivo, je čas odgovora imenovan **kronaksija**.

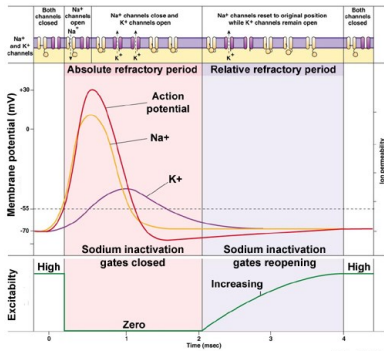
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

4 Refraktornost

146

- v fiziologiji – čas med katerim je organ/celica **nesposobna** ponoviti določeno aktivnost
- čas, ki je potreben, da je membrana vzdražljive celice pripravljena na reagirati na naslednji dražljaj, ki sledi predhodnemu AP;
 - ▢ vzdražljivost narašča s časovno oddaljenostjo od AP;
 - ▢ v povprečju lahko nastane 100 AP v sekundi;
- v obdobju neposredno po začetku AP obstaja **absolutna refraktornost** (noben dražljaj, ne glede na jakost, ne more sprožiti novega AP);
 - ▢ v obdobju depolarizacije se zaprti Na-kanalčki ne morejo aktivirati;
- ko je membrana hiperpolarizirana (-80 mV), in so odprti K⁺ kanalčki – **relativna refraktornost**: potreben večji dražljaj, da nastane naslednji AP;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings. Fig. 8-12

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

□ pomen refraktornosti:

- ▢ omejuje število AP v določenem obdobju;
- ▢ omogoča enosmerno potovanje AP:
 - Na-kanalčki, ki so se pravkar zaprli, se ne morejo ponovno odpreti;
- ▢ omogoča beljakovinam od napetosti odvisnih kanalčkov, da vzpostavijo svojo začetno polarnost;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

5 Ponovljivost akcijskega potenciala

149

- AP se lahko sproži večkrat, ne da bi se koncentraciji Na⁺ in K⁺ znotraj celice bistveno spremenili;
- celica vzdražljivega tkiva je zmožna ponoviti AP okoli 5000-x, preden se koncentracija Na⁺ znotraj celice spremeni;
- **ob spremembah koncentracije Na⁺ ali K⁺ se vključi Na-K črpalka, ki ponovno vzpostavi normalno koncentracijo obeh ionov.**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

6 Vplivi električnega toka na vzdražljivo tkivo

150

- **katoda** (negativna elektroda; privlači katione) - funkcionalno aktivna dražilna elektroda:
 - ▢ na membrani nastane obrnjeni potencial (depolarizacija) in šibek električni tok → odpiranje Na⁺ kanalčkov → nastane AP, ki se širi po vzdražljivem tkivu;
- **anoda** (pozitivna elektroda; privlači anione) - funkcionalno neaktivna dražilna elektroda:
 - ▢ na membrani pozitivni naboji → membrana postane še bolj pozitivno nabita na površini in negativno v notranjosti = hiperpolarizacija in stabilnost membrane (slabo vzdražljiva).

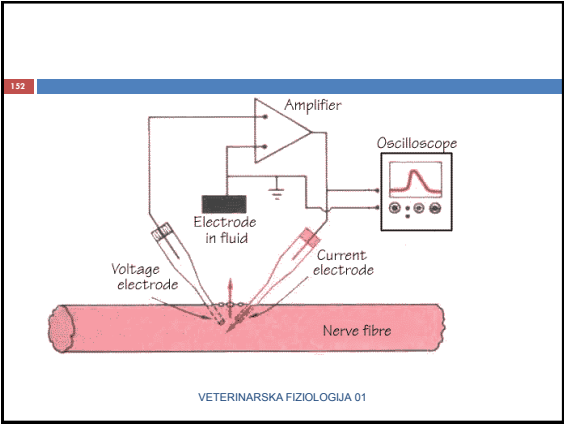
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

7 Registracija AP

151

- monofazni zapis:
 - položaj elektrod: merilna na površini, referenčna v notranjosti celice;
 - povezava z registracijskim sistemom (osciloskop, računalnik);
- zapis v mirovanju: negativni potencial znotraj celice;
- vstop Na^+ v celico povzroči spremembo napetosti (pozitivno);
- izstop K^+ povzroči ponovni pozitivni naboj na zunanji površini celične membrane in posledično negativni naboj na notranji površini.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01



8 AP v vzdražljivih celicah

153

- v živnem tkivu in skeletnih mišicah – strm zapis AP z ostrim vrhom:
 - posledica hitrega odpiranja in zapiranja Na^+ kanalčkov ter
 - počasnega odpiranja in zapiranja K^+ kanalčkov

Fig. 8-9

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

8.1 AP v srčni mišici (→VF08-02)

154

A) krčljive celice miokarda:

- velik, stabilen membranski potencial v mirovanju;
- podaljšan AP s platojem;
- vzroki:
 - različen čas odpiranja in zapiranja Na^+ in K^+ kanalčkov kakor v skeletni mišici;
 - prisotnost Ca^{2+} kanalčkov (jih ni v skeletni mišici);

Phase	Membrane channels
1	Na^+ channels open
2	Na^+ channels close
3	Ca^{2+} channels open; fast K^+ channels close
4	Ca^{2+} channels close; slow K^+ channels open
Resting potential	

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

B) Spontano vzdražljive celice miokarda (ritmovniške – sinusni in atrioventrikularni vozeli):

155

- v zapisu ni platojske faze, zvonata oblika krivulje;
 - manjši, nestabilen potencial v mirovanju (Na kanalčki v mirovanju neprestano prepuščajo manjše količine Na^+) → spontano nastajanje AP – **“ritmovniški potencial”**;
 - AP brez faze platoja;
- vzroki: drugačno delovanje Na^+ in Ca^{2+} kanalčkov

Veterinarna Fiziologija 01

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

8.2 AP v drugih spontano vzdražljivih celicah

156

- spontana vzdražljivost (nastajanje AP spontano, brez zunanje dražljaje) – tudi v drugih celicah:
 - dihalni center (→VF09-04),
 - centri za biološke ritme (→VF01-03)
 - nekateri gladke mišice (→VF05-01);
- v teh tkivih: samodejno sprožanje potencialov zaradi lastnosti membrane,
 - Na kanalčki v mirovanju neprestano prepuščajo manjše količine Na^+ ,
 - po končanem AP začno vdirati Na^+ v celico,
 - ko koncentracija Na^+ naraste, sprožijo akcijski potencial
 - posebnosti v propustnosti za Na^+ , K^+ , Ca^{2+}

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 01

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 021

VF02 FIZIOLOGIJA ŽIVČNEGA SISTEMA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2

VF02-01
ORGANIZACIJA IN DELOVANJE ŽIVČNEGA SISTEMA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

3

ŽIVČNI SISTEM (NS):

- najbolj kompleksen organski sistem,
 - ▣ mreža živčnih celic, med seboj povezane in organizirane;
- povezuje organizem v skladno delujočo enoto → omogoča:
 - ▣ normalno delovanje celic, komunikacije med njimi;
 - ▣ hitre reakcije na spremembe;
- delovanje NS dopolnjuje hormonalni sistem → deluje razmeroma počasi;
- **sodelovanje obeh sistemov omogoča organizmu:**
 - ▣ usklajeno delovanja organskih sistemov,
 - ▣ prilagajanje na spremembe okolja, v katerem mora preživeti → ohranjanje homeostaze

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

4

Integracija delovanja živčnega in hormonalnega sistema

```
graph TD; ZD[ZUNANJI DRAŽLJAJI] --> C[ČUTILA]; C --> MS[MOŽGANSKA SKORJA]; C --> VZ[VEGETATIVNI ŽIVČNI SISTEM]; MS --> H[HIPOTALAMUS]; H --> P[HIPOFIZA]; P --> HZ[HORMONALNE ŽLEZE]; HZ --> RT[RAZLIČNA TARČNA TKIVA]; RT --> OH[OHRANJANJE HOMEOSTAZE]; RT --> PZ[POVRATNA ZVEZA]; PZ --> H; PZ --> MS; PZ --> VZ;
```

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

5

1 CELICE ŽIVČNEGA SISTEMA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

6

- živčno tkivo specializirano za prevajanje živčnega vzburjenja na drugo živčno ali efektorsko celico (mišična celica, žlezna celica);
- NS sestavljata 2 tipa celic:
 - ▣ vzdražljive živčne celice (nevroni) in
 - ▣ podporne glia celice (neuroglia).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.1 ŽIVČNA CELICA (NEVRON)

7

- osnovna morfološka in funkcionalna enota živčnega sistema,
- specializirana za sprejemanje, prevajanje in oddajanje živčnih spodbud (impulzov).
- značilna razvejana oblika
- telesa in dendriti – v sivi masi (osnova CNS);
- aksoni - proti periferiji (sestavljajo živce).

Fig. 8-2

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Dendriti:

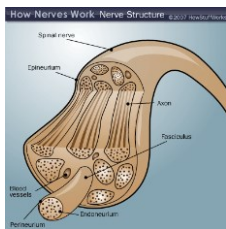
- glavna naloga: sprejem dražljajev → prenos proti telesu nevrona;
- povečajo P nevrona → lahko komunicira s številnimi drugimi nevroni.
- število dendritov:
 - enostavni nevroni – 1;
 - možganski – veliko število z zapletenim razvejanjem.

Aksoni (nevriti):

- večina nevronov: samo en akson.
- dolžina aksonov: nekaj mm do 1 m in več;
- funkcije:
 - prenos AP z mesta nastanka do konca aksona;
 - na živčnih končičih se električni signal spremeni v kemično obliko (sekrecija neurotransmiterjev);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

- 9
- aksoni aferentnih in eferentnih nevronov (z izjemo majhnega dela v možganih in hrbtenjači) → **zunanje (periferno) živčevje**.
 - **živec (živčno vlakno) = snop aksonov, ki prenašajo informacije med receptorji in CNS oz. CNS in ciljnim celicami (→ VF02-03).**

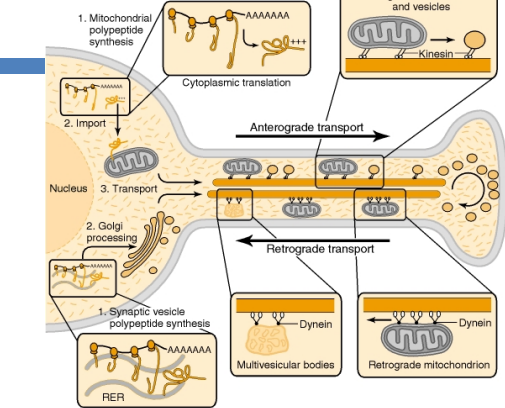


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.1.1 Prenos snovi po aksonu

- 10
- v nevronu nastajajo različne snovi:
 - encimi, neurotransmiterji, vezikli, proteini, ATP ...;
 - načini prenosa: vezikli ali vezava na prenosnike;
 - **glede na smer:**
 - **anterogradni transport** (telo nevrona → živčni končiči);
 - **retrogradni transport** (živčni končiči → telo nevrona)
 - **glede na hitrost:**
 - hitri prenos (410 mm/dan):
 - Anterogradno: sinaptični in sekretorni vezikli, mitohondriji;
 - Retrogradno: membranske komponente (recikliranje), živčni rastni faktorji, nekateri virusi (herpes- in polio-, steklena ..),
 - počasni prenos (1-2 mm/dan):
 - encimi, proteini celičnega skeleta

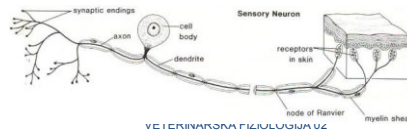
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02



1.1.2 Klasifikacija živčnih celic (glede na smer prevajanja / funkcijo):

A) Aferentni (senzorni) nevroni

- prenašajo informacije iz receptorjev v CNS;
- **somatski senzorni nevroni** (en akson, ki se deli se na dve veji, telo izven poti signalov):
 - 1. veja → CNS (povezava z internevrioni),
 - 2. veja → na zunanost telesa (prosti živčni končiči ali stik z receptorjem).
- **senzorni nevroni čutil** (voh, sluh ...) – po en dolg akson in dendrit;

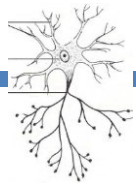


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

B) Internevroni:

13

- med aferentnim in eferentnim nevronom
- v celoti znotraj CNS (99 %)
- različnih oblik → zapleteno razvejanje,
- omogoča oblikovanje sinaps s številnimi drugimi nevroni;
- število - odvisno od zapletenosti procesa:
 - po približni oceni: na vsak aferentni nevron okoli 10 eferentnih nevronov in 200.000 internevronov;
 - pri kolenskem refleksu internevroni ne sodelujejo, pri govoru ali spominjanju pa jih sodeluje na milijone.

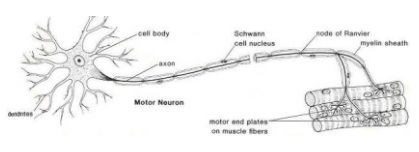


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

C) Eferentni nevroni

14

- somatski in avtonomni motorni nevroni: prenašajo informacije iz CNS v mišice in druge organe;
- najbolj podobni modelu nevrona:
 - telesa in dendriti - v CNS,
 - aksoni - segajo v zunanost telesa;

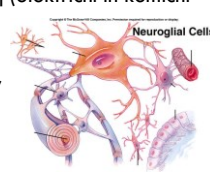


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.2 PODPORNE (GLIA) CELICE

15

- obdajajo in podpirajo neurone v NS,
 - 50% mase možgan
 - v NS vretenčarjev ~10⁹ nevronov in 10- do 50-krat toliko glia celic
- ne sodelujejo pri prenosu signalov,
- komunicirajo z nevroni in med seboj (električni in kemični signali);
- razdelitev glede na zgradbo:
 - makroglija (astrociti in oligodendrociti),
 - mikroglija,
 - epidermalne celice;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

GLIAL CELLS

are found in

Central nervous system

contains

- Oligodendrocytes → form Myelin sheaths → Support for central nervous system
- Astrocytes → help form Blood-brain barrier
- Microglia (modified immune cells) → act as Scavengers → take up Neurotrophic factors, K⁺, neurotransmitters
- Ependymal cells → create Barriers between compartments, Source of neural stem cells

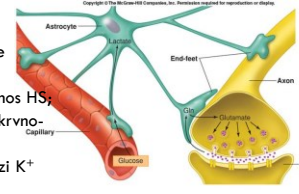
Fig. 8-5

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

A) Astrociti

17

- predvsem v sivi masi CNS, prisotni tudi v beli masi;
- zaradi zelo razvejane mreže podaljškov → oblika zvezde:
 - na koncih podaljškov – zadebelitve, ki obkrožajo živčne celice in manjše krvne žile;
- vloga:
 - kanalčki za povezovanje med krvnimi žilami in živčnimi celicami → prenos HS;
 - sodelujejo pri nastanku krvno-možganske bariere,
 - sodelujejo pri homeostazi K⁺ v živčnem tkivu.

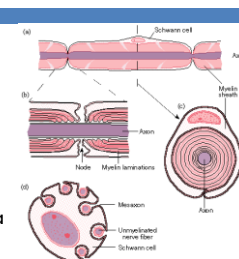


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

B) Oligodendrociti (Schwanove celice)

18

- najmanjše glia celice, se tesno prilegajo nevronom
 - koncentrične plasti fosfolipne membrane, ki obkrožajo akson
 - med segmenti – kratki delci membrane aksona ostanejo prosti = Ranvierovi zažemki
- najpomembnejša vloga: tvorba slojevitih mielinskih ovojníc v osrednjem in zunanjem NS → nagel prenos vzburjenja po aksonu;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

C) Mikrogliociti

19

- najpogosteje v sivi masi CNS → retikulo-endotelialni sistem (RES)
- število se poveča na mestih poškodb ali infekcijskih obolenjih možganov:
 - ▢ vloga makrofagov - odstranjujejo poškodovano tkivo.
 - ▢ izpolnjujejo prostore, ki nastanejo pri izgubi nevronov.

D) Epidermalne celice:

- bariera med predelki;
- izvirne celice;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

20

2 PREVAJANJE DRAŽLJAJEV PO ŽIVCIH

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

21

- živčne (in mišične) celice so električno vzdražljive → proizvajajo in prenašajo električne impulze;
- impulzi - posledica dogajanj v celični membrani in prehoda nekaterih ionov skozi njo;
- **živčni impulz (vzburljenje) = AP, ki se prenaša po živcu.**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.1 Membranski potencial nevrona v mirovanju

22

- razlika med nabojema v notranjosti in na površini membrane aksona:
 - ▢ zunaj celice → pozitiven naboj (Na^+ , Cl^-);
 - ▢ znotraj celice → negativen naboj (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**.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Tipi kanalčkov v membrani nevrona:

23

- **mehansko odvisni (mechanically gated):**
 - ▢ v senzornih nevronih: odpiranje – fizikalni dejavniki, npr. pritisk;
 - ▢ Na^+ kanalčki;
- **od kemičnih snovi odvisni (chemically gated):**
 - ▢ odgovarjajo na različne kemične snovi, nevrottransmitterje in nevromodulatorje)
 - ▢ Na^+ in Cl^- kanalčki;
- **od napetosti odvisni (voltage-gated):**
 - ▢ odgovarjajo na električni tok;
 - ▢ Na^+ , K^+ kanalčki, Ca^{2+} kanalčki;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.2 Vzdraženje živčne celice in nastanek AP

24

- AP je v živčnem sistemu najpomembnejši proces, ki omogoča:
 - ▢ nastanek/sproščanje dražljaja (živčnega, sinaptičnega)
 - ▢ prevajanje/širjenje dražljajev po nevronih
- sprožanje AP (odpiranje Na^+ kanalčkov) lahko povzročijo:
 - ▢ živčni dražljaji (v fizioloških razmerah),
 - ▢ fizikalni (mehanični, električni) in kemični dražljaji;
 - ▢ mehanični dražljaji (v nefizioloških stanjih, v izoliranih organih)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

25

- vzdraženje nevrona – posledica depolarizacije ali hiperpolarizacije, ki nastane ob vezavi nevrottransmitterjev iz presinaptičnih nevronov na receptorje postsinaptičnih (=aktivacija receptorjev) → prehajanje ionov skozi celično membrano,
- posledica – nastanek **postsinaptičnega potenciala**:
 - širi se po celici (kot val) → do področja **sprožilne cone (iniciacijskega segmenta)** na začetku aksona = integracijski center nevrona;
 - če je dražljaj enak ali večji od praga vzdražljivosti aksona → depolarizacija membrane → AP;
 - če je pod pragom → odgovora ni.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

26

2.2.1 Tipi postsinaptičnih potencialov

- hitri odgovor** - hitri sinaptični potencial (ker nastane hitro in traja le nekaj μs) = **stopnjevani potencial**:
 - minimalni ekscitacijski postsinaptični potencial (MEPP)**: posledica neprestanega sproščanja prenosnikov v sinaptično špranjo in njihovega delovanja na postinaptične receptorje;
 - vedno prisoten v postsinaptični membrani
 - ekscitacijski postsinaptični potencial (EPSP)**: nastane, kadar se membrana destabilizira zaradi odpiranja kanalčkov → depolarizacija aksona;
 - inhibicijski (zaviralni) postsinaptični potencial (IPSP)**: posledica hiperpolarizacije membrane → ne povzroči depolarizacije aksona

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

27

- počasni odgovor – počasni sinaptični potencial** (dolgotrajen, počasen):
 - posledica vezave nevrottransmitterja na receptorje, vezane na G-proteine in sisteme drugega prenašalca;
 - značilen predvsem v zvezi z rastjo in razvojem nevronov ter z mehanizmi dolgoročnega spomina.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

28

2.2.3 Sumacija dražljajev

- posamezen postsinaptični nevron ima lahko sinapse z več 1000 presinaptičnimi nevroni;
- posamezni dražljaj običajno ne sproži AP;
- če pride v nevron več dražljajev hkrati, se njihov učinek seštevaja = **prostorska sumacija dražljajev**:
 - seštevanje šibkih dražljajev → dražljaj nad pragom aksona;
 - seštevanje ihibitornih (hiperpolarizacija) in stimulatornih (depolarizacija) dražljajev → njihov učinek se lahko izniči.
- kadar dva zaporedna dražljaja dosežeta sprožilno cono v kratkem časovnem intervalu = **časovna sumacija dražljajev**;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

29

Sumacija dražljajev.

Excitatory presynaptic inputs
Inhibitory presynaptic input
Postsynaptic cell
Recording potential of postsynaptic cell
Threshold potential
Resting potential
Time (msec)
Sherwood

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

30

2.2.4 Konvergenca in divergenca prenosa dražljajev

Divergenca

- dražljaj izhaja iz enega vlakna in vzdraži več postsinaptičnih nevronov

Konvergenca

- signali iz več živčnih vlaken vzdražijo posamezni postsinaptični nevron

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02 Fig. 8-25

2.3.5 Facilitacija dražljajev

31

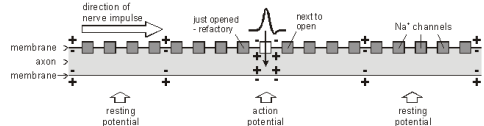
- (olajšanje nastanka ali prevajanja dražljaja/znižanje vzdražljivosti);
- predhodni dražljaj ne izzove AP, poveča pa vzdražljivost (zniža prag), zaradi česar lahko več subliminalnih dražljajev sproži AP;
- posamezni nevron je lahko vzdražen z:
 - liminalnim (lat. limes = meja), **pražnim**, **minimalnim** oz. **ekscitacijskim dražljajem**, ki sproži nastanek AP, ali pa z
 - **subliminalnim**, **podpražnim**, **subminimalnim** dražljajem ki izzove v nevronu samo facilitacijo.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.4 Širjenje živčnega impulza:

32

- ko AP nastane, se spontano premika vzdolž aksona;
- lokalno spremembo membranskega potenciala zaznajo okoliški od napetosti odvisni ionski kanalčki, ki se odprejo, ko se potencial zadosti spremeni.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

- Ionski kanalčki imajo še dve lastnosti, ki omogočata učinkovit prenos živčnega impulza:
 - da se akcijski potencial lahko začne, mora depolarizacija nevrona doseči vrednost praga (**zakon vse ali nič**);
 - potem, ko se ionski kanalček odpre, potrebuje periodo mirovanja, preden se ponovno lahko odpre = **refraktorna** perioda (traja približno 2 ms).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.3.5 Hitrost živčnih impulzov (AP):

34

- AP lahko potuje vzdolž aksona s hitrostjo 0,1 do 100 m/s:
 - lahko pride iz enega dela telesa v drugega v nekaj ms → hitra reakcija na dražljaj.
- Na hitrost vplivajo 3 dejavniki:
 - temperatura: višja T → večja hitrost (toplokrvne > hladnokrvne)
 - premer aksona: večji kot je, večja je hitrost;
 - morski nevretenčarji, ki živijo na temperaturah blizu 0 °C → debele aksone, ki omogočajo hitre odgovore (npr. lignji).
 - mielinska ovojnica: v mieliniziranih vlaknih prenos hitrejši kot v nemieliniziranih;
 - **samo pri vretenčarjih!**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

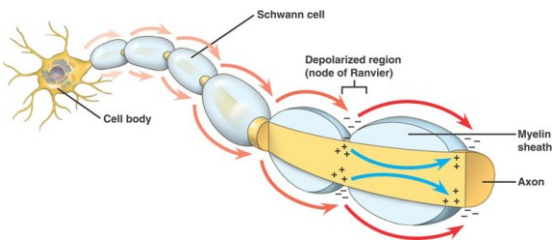
Vloga mielinske ovojnice:

35

- mielin (glavna sestavina Schwanovih celic) preprečuje prehajanje ionov skozi membrano aksona (poveča odpor prehajanju ionov okoli 5.000-krat)
- V Ranvierovih vozličkih - membrana zelo prepustna za ione (od napetosti odvisni Na⁺ kanalčki) → med AP izmenjava ionov → šibki el. tokovi;
 - krogotok: med dvema zožitvama, teče med okolno tekočino in aksoplazmo
- AP skače od vozlička do vozlička = **skokovito prevajanje (saltatorna kondukcija)**
 - hitrost prevajanja velika (ker proces depolarizacije preskakuje odseke na živčnem vlaknu);
- **nemielinizirano vlakno** - akcijski potencial se prevaja vzdolž celega vlakna na način širjenja akcijskega potenciala

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

36



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Razdelitev in hitrost prevajanja v živčnih vlaknih

37

Vrsta vlakna	Premmer (μm)	Hitrost (m/s)
Mielinizirano - dolgo (A)	1-20	6-130
α	12-20	70-130
β	5-12	40-80
γ	3-8	10-50
δ	1-5	6-30
Mielinizirano – kratko (B)	3	30-70
Nemielinizirano (C)	0,5-2	0,5-2

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

3 KOMUNIKACIJE MED CELICAMI ŽIVČNEGA SISTEMA

38

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

39

- področje, kjer se nevron stika s ciljno celico (živčno ali tkivno) = **sinapsa**
 - v morfološkem smislu prekinitev v živčnem sistemu,
 - v funkcionalnem smislu - povezava med posameznimi živčnimi celicami ali med živčnimi in mišičnimi celicami
- na sinapsi se AP z aksona prve živčne celice (**presinaptičnega nevrona**) prenese skozi intersticijski prostor (**sinaptično špranjo**) do dendritov ali telesa drugega nevrona/celice (**postsinaptičnega nevrona/celice**).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

40

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

3.1 Klasifikacija sinaps:

41

- glede na nahajanje v živčnem sistemu:**
 - centralne sinapse (med nevroni osrednjega živčnega sistema),
 - periferne sinapse
 - v ganglijih (vertebralnih, prevertebralnih intramuralnih),
 - na končičih eferentnih motoričnih in sekretornih vegetativnih vlaken,
 - na povezavi med živčnimi in mišičnimi celicami (živčno-mišične sinapse);
- glede na povečanje/oslabitev dražljaja:**
 - vzdražljive (ekscitatorne);
 - zaviralne (inhibitorne);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Glede na položaj na živčni celici:

42

- akso-somatske,
- akso-dendritska;
- akso-aksonska sinapse;
- dendro-dendritske;
- dendro-somatske;
- somato-somatske;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Glede na obliko procesov pri prehajanju dražljajev:

43

- **električne sinapse:**
 - AP preide skozi sinapso neposredno - posredujejo električni tok;
 - pogoste v živčevju nevretenčarjev, pri vretenčarjih in človeku so redke (v CNS, nekaterih glia, srčnih in gladkih mišičnih celicah).
 - prednost : hiter prenos signalov v celice na celico.
- **kemične sinapse** (AP se lahko ojača, oslabi ali zaustavi):
 - večina sinaps v NS;
 - za prenos informacij uporabljajo nevrottransmiterje;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

3.2 Zgradba sinapse

44

The diagram illustrates the structure and function of a chemical synapse. On the left, a presynaptic cell contains synaptic vesicles filled with neurotransmitters. A voltage-gated Ca^{2+} channel is shown on the presynaptic membrane. When an action potential arrives, Ca^{2+} ions enter the cell, triggering the fusion of synaptic vesicles with the presynaptic membrane and the release of neurotransmitters into the synaptic cleft. On the right, the postsynaptic membrane features ligand-gated ion channels. Neurotransmitters bind to these receptors, causing them to open and allowing Na^{+} and K^{+} ions to flow, which generates a postsynaptic potential.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

3.3 Nevrotransmiterji na sinapsah

45

- **Zahteve za uvrstitev snovi med nevrottransmiterje:**
 - 1. snov se mora izločati iz nevrona (nastaja v živčnem končiču ali telesu),
 - 2. snov se mora izločati v kemično ali farmakološko določljivi obliki,
 - 3. snov mora na postsinaptični membrani izzvati učinek,
 - 4. delovanje nevrottransmiterja se lahko zavre s kompetitivnim antagonizmom (razmerje doza/učinek),
 - 5. obstajati mora primeren način dokončanja delovanja transmiterja (encimska razgradnja, prehod v presinaptični nevron ali glia celico).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Sinteza nevrottransmiterjev:

46

- v telesu nevronov po splošnih principih sinteze:
 - Golgijev aparat → pre-pro-transmiterji → potujejo po aksonu → izstopijo v obliki mehurčkov (veziklov) na sinapsi;
 - znotraj veziklov → dokončni proces nastajanja transmiterjev.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

This detailed diagram shows the presynaptic terminal where neurotransmitters are synthesized and released.
1. **Small-molecule neurotransmitters:** Synthesized from precursors like Acetyl CoA and Choline. Acetylcholine (ACh) is shown being packaged into vesicles by a vesicle transporter and released into the synaptic cleft. In the cleft, ACh can be broken down by acetylcholinesterase or bind to ionotropic and G-protein-coupled receptors on the postsynaptic cell.
2. **Neuropeptides:** Synthesized in the cell body and transported down the axon. They are packaged into large electron-dense vesicles and released into the cleft. Peptides diffuse in the extracellular space and bind to synaptic and extrasynaptic G-protein-coupled receptors, activating a variety of enzymes.
3. **Gaseous transmitters:** Nitric oxide (NO) is synthesized from Arginine by NO synthase. It can diffuse out of the cell or act inside the cell. Nitrogen oxide (reactive) is also shown.
Other small-molecule neurotransmitters are also shown diffusing across the synaptic cleft and binding to postsynaptic receptors.

47

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Klasifikacija nevrottransmiterjev:

48

1. Hitro delujoče snovi (majhne molekule)

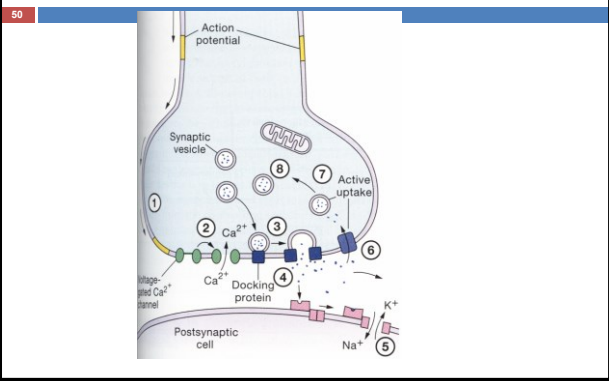
- I. razred:
 - acetilholin
- II. razred: amini
 - noradrenalin, adrenalin
 - dopamin,
 - serotonin (5 hidroksi triptamin)
 - histamin
- III. razred: aminokisline
 - gama aminomaslena kislina (GABA), glicin,
 - glutamat, aspartat
- IV. razred:
 - dušikov oksid (NO);
 - ogljikov monoksid (CO)
- V. razred:
 - adenozin, ATP

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2. Počasi delujoče snovi:

- 49
- hipotalamusni sproščujoči hormoni: TRH, GnRH, GHRH, GHIH;
 - hipofizni peptidi: ACTH, α MSH, Prolaktin, LH, TSH, GH, β endorfin, vazopresin, oksitocin
 - črevesni hormoni: enkefalini, substanca P, gastrin, holecistokinin (CCK), VIP, nevrotenzininzulin, glukagon
 - steroidni hormoni
 - citokini in rastni faktorji
 - druge peptidne snovi: angiotenzin II, bradikinin, karnozin, spanje spodbujajoči peptidi, kalcitonin
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

3.4 Delovanje sinapse



- 51
1. AP $\rightarrow$ depolarizira membrano živčnega končiča;
 2. odpiranje od napetosti odvisnih Ca^{2+} kanalčkov $\rightarrow \text{Ca}^{2+}$ vstopa v celico;
 3. eksocitoza nevrottransmiterja,
 4. vezava nevrottransmiterja na receptorje postsinaptične celice,
 5. odpiranje ionskih kanalčkov v postsinaptični membrani;
 6. odstranjevanje nevrottransmiterja $\rightarrow$ proces se prekine
 7. sinaptični vezikli se ponovno napolnijo z nevrottransmiterjem.
 8. nevrottransmiter se shrani v veziklih, dokler ne nastane naslednji dražljaj za njegovo sproščanje.
- Hitro odstranjevanje ali inaktivacija nevrottransmiterja omogoča kratko trajanje živčnega signala.**
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

- 52
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

- 53
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

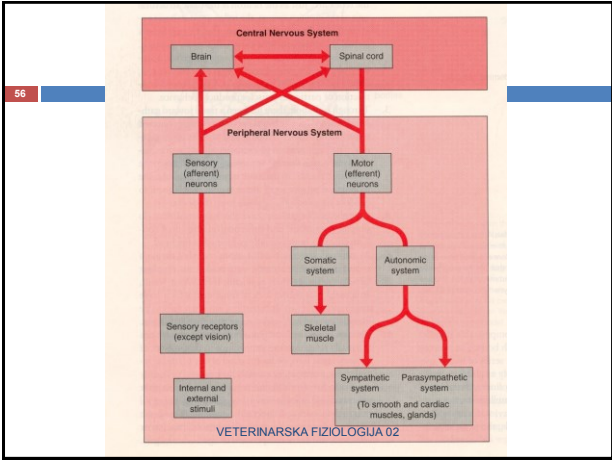
- 54
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

55

VF02-02

CENTRALNI ŽIVČNI SISTEM

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02



57

Centralni živčni sistem (CNS):

- vodi in ureja delovanje živčnega sistema in posledično celotnega organizma;
- v CNS ni živcev;
 - skupine živčnih vlaken, ki prevajajo dražljaje = **prevodne poti (traktusi)**;
- sestava:
 - nevroni + podporne (glia) celice;
- celična telesa nevronov s podobnimi vlogami - pogosto združena:
 - v CNS - jedra (nukleusi / nuklei);
 - v perifernem NS - gangliji.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

58

1 FUNKCIONALNA RAZDELITEV CNS

- senzitivni del - sprejemni, vstopni ali aferentni sistem;
 - čutila: sprejem informacij o stanju v okolici (ali v notranjosti telesa);
 - spinalni živci / prevodne poti (traktusi) → CNS;
- analizatorski del - analiziranje in obdelava podatkov;
 - temu sledi sledi zavračanje informacije (habitvacija), ustrezna motorična reakcija ali pomnjenje.
- motorični del - uravnava in vodi delovanje vseh efektorskih organov v telesu:
 - somatski del → krčenje skeletnih mišic → gibanje telesa;
 - vegetativni del → krčenje gladkih mišic, izločanje žlez;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

59

2 DELOVANJE IN FUNKCIJE CNS

- hrbtenjača (filogenetsko najstarejši del CNS);
- možgani:
 - veliki možgani (*Cerebrum*; „prednji možgani“),
 - skorja - filogenetsko najmlajši del CNS
 - mali možgani (*Cerebellum*),
 - medmožgani (*Diencephalon*),
 - možgansko deblo:
 - srednji možgani (*Mesencephalon*),
 - možganski most (*Pons*),
 - podaljšana hrbtenjača (*Medulla oblongata*);

Internal structure of the brain

Legend: Spinal cord, Cerebrum, Diencephalon, Pons, Medulla oblongata, Cerebellum, Mesencephalon, Pons

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

60

Možgani različnih vrst živali

1 cm

Rat, Rabbit, Cat, Sheep, Chimpanzee, Human, Dolphin

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Razdelitev možganske mase (možganovine):

61

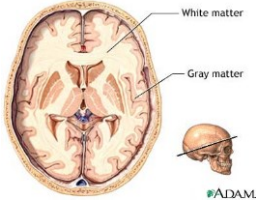
□ siva možganska masa:

▣ telesa, dendriti, nemielinizirani aksoni nevronov,

▣ glia celice;

□ bela možganska masa:

▣ predvsem mielinizirana živčna vlakna (aksoni) interneuronov;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.1 HRBTENJAČA (medulla):

62

□ najbolj periferni del CNS - v hrbteničnem kanalu;

(a) One segment of spinal cord, ventral view, showing its pair of nerves

White matter

Gray matter

Dorsal root: carries sensory (afferent) information to CNS

Ventral root: carries motor (efferent) information to muscles and glands

(b) Gray matter consists of sensory and motor nuclei

Visceral sensory nuclei

Somatic sensory nuclei

Dorsal root ganglion

Dorsal horn

Ventral horn

Lateral horn

Ventral root

Somatic motor nuclei

(c) White matter in the spinal cord consists of axons carrying information to and from the brain

Ascending tracts carry sensory information to the brain

From the brain

Descending tracts carry commands to motor neurons

Fig. 9-7

Vloge hrbtenjače:

63

□ **prevodna:** v beli masi - prevodne poti (traktusi):

▣ povezujejo periferne dele hrbtenjače z višjimi deli CNS;

□ **centri za spinalne reflekse:**

▣ kožni, tetivni, periostni refleksi,

□ **vegetativni centri** - uravnavanje delovanja VNS:

▣ **nefunkcionalna** (prsni del hrbtenjače) - za dihanje (respiratorni), gibanje žil (vazomotorni):

▣ v fizioloških pogojih: ne delujeta (inhibirajo ju dražljaji iz višjih delov možganov;

▣ kadar so povezave s temi deli prekinjene → delovanje.

▣ **delujoči /funkcionalni** (ledveno-križnični del hrbtenjače):

▣ za praznjenje debelega črevesja (anospinalni),

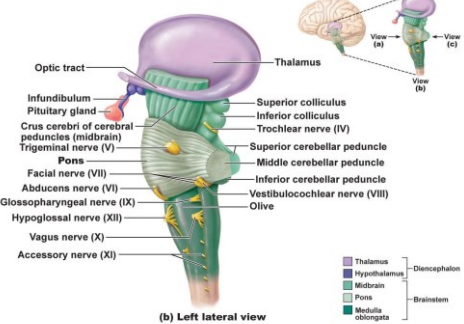
▣ uriniranje (vezikospinalni),

▣ urejanje spolnih funkcij (erekcijo, ejakulacijo,...);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.2 MOŽGANSKO DEBLO

64



(b) Left lateral view

© 2011 Pearson Education, Inc.
<http://classconnection.s3.amazonaws.com/811/flashcards/141811.jpg?brainstem1132189076959.jpg>

2.2.1 Podaljšana hrbtenjača (Medulla oblongata):

65

□ po obliki in vlogah - nadaljevanje hrbtenjače:

□ centri:

▣ **vegetativni centri:** za dihanje (**respiratorni**), delovanje srca (**kardialni**), širjenje in ožnje žil (za vazomotoriko) = **kardiovaskularni center**;

▣ **centri zaščitnih refleksov:** za kihanje, kašljanje, solzenje;

▣ **centri refleksov za hranjenje:** za slinjenje, požiranje, bruhanje.

□ jedra VI. do XII. možganskega živca,

□ prevajanje.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

66

Urinary Bladder Control

Pneumotaxic Center

Cardiac acceleration

Cardiac slowing

Respiratory Center

Hypothalamus

Pituitary Gland

Pons

Vomiting Center

Swallowing Center

Medulla

Cerebellum

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

študijsko gradivo

39

2.2.2 Most (Pons)

67

- sestavljajo ga :
 - ▣ telesa številnih nevronov in
 - ▣ dvonevronska veriga, ki prevaja informacije od možganske skorje do malih možganov;
- v njem tudi deli nekaterih centrov;
- **vloga: prenos informacij med velikimi in malimi možgani.**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.2.3 Srednji možgani (Mesencephalon)

68

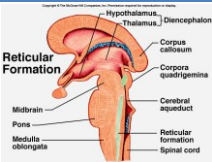
- povezava med hrbtenjačo, podaljšano hrbtenjačo in malimi možgani s talamusom in bazalnimi jedri ter preko njih tudi z velikimi možgani;
- sprejemanje dražljajev: iz mišičnih receptorjev, periosta, kit, ravnotežnega organa, notranjega ušesa;
- Vloge:
 - ▣ uravnavanje gibanja oči, lege telesa,
 - ▣ vpliv na tonus skeletne mišičnine, avtomatske gibe,
 - ▣ sodelovanje pri gibih v zvezi s spreminjanjem položaja telesa (vstajanje, leganje).
 - ▣ vplivi na budnost in spanje (mreževina)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.2.4 Mreževina (Formatio reticularis):

69

- v sredici možganskega debla;
- iz velikega števila rahlo povezanih interneuronov, ki sprejemajo in zbirajo signale iz vseh delov CNS;
- nujna za življenje;
- iz mreževine izhajajo eferentni signali v višja področja CNS:
 - ▣ v talamus,
 - ▣ na bazo prednjih možgan → posamezni snopi v skorjo velikih možgan.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Vloge mreževine:

70

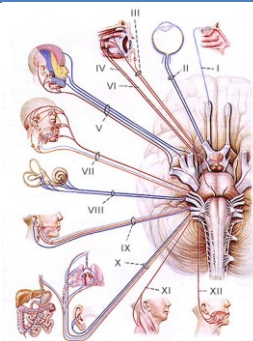
- ohranjanje budnosti in vzdrževanje pozornosti na dogodke v okolici;
- povezava z malimi možgani in hrbtenjačo → urejanje mišične aktivnosti.
- nekateri nevroni združeni = **jedra možganskega debla;**
 - ▣ največ - v podaljšani hrbtenjači in možganskem mostu;
 - ▣ vloga – urejanje:
 - dihanja,
 - krvnega obtoka in
 - procesov hranjenja.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.2.6 Možganski živci:

- izhajajo iz možganskega debla

71



Ime	Vrsta vlaken	Vloge
I.vonjalni ž. (n. olfactorius)	aferentna	prenos dražljajev iz vohalnega epitela
II. vidni ž. (n. opticus)	aferentna	prenos dražljajev iz fotoreceptorjev
III. očesni gibalni ž. (n. oculomotorius)	aferentna eferentna	oživčenje mišic za gibanje zrkla navzgor, navzdol in medialno, dviganje zgornje veke, oživčenje gladkih mišic za ožanje zenice, mišic ciliarnika (za adaptacijo leče)
IV. živec za zgornjo poševno zrkleno mišico (n. trochlearis)	aferentna eferentna	prenos dražljajev iz mišičnih receptorjev v oživčenje očesnih mišic za gibanje zrkla navzdol in v stran

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Ime	Vrsta vlaken	Vloge
V. trivejni ž. (n. trigeminus)	aferentna eferentna	prenos dražljajev iz receptorjev kože, mišic obraza, nosu ust in zob, oživčenje žvekalnih mišic
VI. Odmikalni živec (n. abducens)	aferentna eferentna	prenos dražljajev iz mišičnih receptorjev, oživčenje očesnih mišic, ki premikajo zrklo vstran
VII. obrazni ž (n. facialis)	aferentna eferentna	prenos dražljajev iz okušalnih brbončic sprednjega dela jezika in ust, oživčenje obraznih mišic, nosnih, nebnihi, solznih in slinskih žlez
VIII. slušni in ravnovesni ž. (n. vestibulocochlearis)	aferentna	prenos dražljajev iz receptorjev v ušesu

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA02

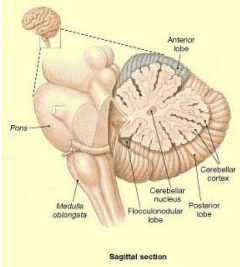
Ime	Vrsta vlaken	Vloge
IX. jezično-žrelni ž. (n. glossopharyngeus)	aferentna eferentna	prenos dražljajev iz okušalnih brbončic zadnjega dela jezika in receptorjev iz kože sluhovoda, oživčenje mišic pomembnih za požiranje in podušesnih slinavk
X. blodni ž. (n. vagus)	aferentna eferentna	prenos dražljajev iz receptorjev v prsni in trebušni votlini, oživčenje skeletne mišičnine grla in žrela ter gladkih mišic v prsni in trebušni votlini
XI. zravnji ž. (n. accessorius)	eferentna	oživčenje hrbtne skeletne mišičnine
XII. podjezični ž. (n. hypoglossus)	eferentna	oživčenje mišičnine jezika

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA02

2.3 MALI MOŽGANI (Cerebellum):

75

□ skorja (zunanji sloj celic) + globlji skupki celic (jedra)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Vloge malih možganov:

76

□ povezava z drugimi področji CNS (predvsem s hrbtenjačo in možganskim deblom);

□ vpliv na aktivnost VNS (→ tonus gladkih mišic v ožilju in prebavilih);

□ vplivi na somatski NS:

□ uravnavanje: tonusa skeletnih mišic, razporeditve tonusa med posameznimi mišičnimi skupinami, skladnosti mišičnih krčenj skeletnih mišic,

□ sodelovanje pri načrtovanju in učenju gibanja,

□ uravnava koordinacije ravnotežja in gibanja oči;

□ odstranitev ali poškodbe → hude motnje v ravnotežju in mišični napetosti (opistotonus);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.4 MEDMOŽGANI ali VMESNI MOŽGANI (Diencephalon)

77

□ med mostom in velikimi možgani;

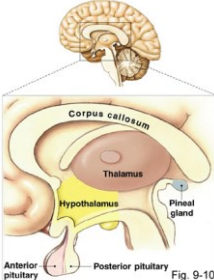
□ sestavljajo dno, stene in svod 3. možganske kletke (komore);

□ razdelitev glede na lego, zgradbo in funkcije:

□ talamus,

□ hipotalamus,

□ (epifiza!)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

a) TALAMUS:

78

□ velika masa sive snovi s 6 skupinami jeder;

□ mesto sinaptičnih prekinitev aferentnih in eferentnih vlaken → preklopna (relejna) postaja, skozi katero potekajo zaznave iz zunanjih receptorjev (vse razen vonjalnih) v skorjo velikih možganov;

□ Uravnava in določa, ali bodo dražljaji (aferentni impulzi) iz zunanjih receptorjev:

□ prišli do možganske skorje in s tem povzročili zaznavo,

□ se bodo zaustavili in privedli do nekaterih refleksnih dejavnosti (spremembe krvnega tlaka, frekvenca v delovanju srca, frekvenca in globina dihanja, zenični refleksi ...)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

79

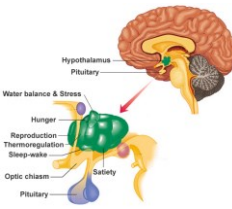
- talamus vpliva na:
 - ▣ mišični tonus,
 - ▣ koordinacijo gibov (predvsem avtomatskega gibanja),
 - ▣ vzdrževanje telesnega ravnotežja,
- pri ljudeh tudi integracija in modifikacija čutnih vtisov → pri poškodbah:
 - ▣ halucinacije,
 - ▣ hiperestezije ali nezavest,
 - ▣ hipertenzija,
 - ▣ deformacija čutnih vtisov.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

80

b) HIPOTALAMUS

- sestavljen iz več področij/jeder;
- vloge:
 - ▣ urejanje delovanja VNS;
 - ▣ endokrina žleza:
 - uravnava izločanje hipofiznih
 - in posredno tudi drugih hormonov, reprodukcijske procese;
 - sinteza hormonov nevrohipofize
 - (okситоцин, vazopresin/ADH),
 - ▣ vzdrževanje telesne T°;
 - ▣ uravnavanje osmolarnosti telesnih tekočin:
 - centri za žejo, pitje,
 - izločanje vazopresina;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

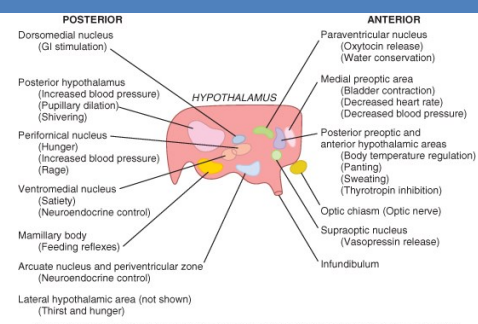
81

- uravnavanje hranjenja:
 - ▣ center za jemanje hrane in sitost;
- vpliv na obnašanje živali in emocionalna stanja (preko limbične sistema);
 - ▣ draženje določenih področij → napadi besa (pseudorabies);
- vpliv na kardiovaskularni center v podaljšani hrbtenjači;
- biološka ura (povezava z epifizo → hormon melatonin).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

82

Hipotalamus (lokacija in vloge)



© Elsevier, Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

83

2.5 VELIKI MOŽGANI (Cerebrum)

- pri ljudeh in drugih primatih največji in najrazvitejši del CNS;
- 2 hemisferi, povezuje ju corpus calosum;
- razdelitev:
 - ▣ skorja (cortex);
 - ▣ notranjost:
 - bazalni gangliji;
 - amigdala, hipokampus – dela limbičnega sistema;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

84

2.5.1 Bazalni gangliji (Corpus striatum)

- pomembna preklompna postaja (mesto sinaptičnih prekinitev eferentnih motornih vlaken) ;
- funkcije - sodelovanje :
 - ▣ pri uravnavanju mišičnega tonusa (blažijo in zmanjšujejo vplive medmožganov);
 - ▣ pri urejanju splošnih mišičnih gibov (predvsem avtomatskih – izven nadzora volje).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

A sagittal cross-section of the human brain highlighting the limbic system. The limbic system is shown in various colors (yellow, pink, blue, green) and includes the hypothalamus, which is labeled as the 'limbic output'. The text 'Limbic System' is at the top left, and 'Hypothalamus (limbic output)' is at the bottom right.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Percepcija (zaznava):

91

- **proces zavedanja ali razumevanja okolja z organizacijo in interpretacijo senzornih informacij;**
 - ▣ posledica stimulacije čutil, ki se prenese v CNS;
 - ▣ odvisna od kompleksnih funkcij NS
 - ▣ ni pasivno sprejemanje teh signalov, pač pa jih CNS oblikuje na osnovi učenja, spomina in pričakovanj;
 - ▣ lahko se močno razlikuje od dejanskega dražljaja (npr. kem. vezava snovi na receptorje → vonj, okus snovi)
- možgani senzorne informacije lahko spremenijo (da bi jim dali smisel);
 - ▣ primer – optične prevare

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

3 PRESNOVA MOŽGANOV (CNS)

92

- **delovanje možganov odvisno od oskrbe z glukozo in O_2 ;**
- glavni vir E za nevrone – glukozna;
 - ▣ **zaloge glikogena v nevronih majhne → delovanje možganov odvisno od oskrbe z glukozo iz krvi;**
- presnova z aerobno oksidacijo;
 - ▣ lahko tudi ketonska telesa (potrebna prisotnost glukoze!);
 - ▣ presnova nekaterih AK (glutaminska kislina, gama aminomaslena);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

93

- **poraba kisika:**
 - ▣ pri sesalcih $\approx 3,5 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ možganske mase /min ($\approx 5\%$ skupne porabe O_2 v telesu)
- oskrba s krvjo: $\approx 15\%$ skupnega krvnega obtoka.
- pri nezadostni oskrbi s krvjo pride do trajnih in **nepopravljivih možganskih poškodb:**
 - ▣ pri 10 - 15 min pomanjkanju glukoze ali
 - ▣ pri 4 – 5 min pomanjkanju kisika

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

94

- **Sinteza nevrottransmiterjev – intenzivna:**
 - ▣ nastajajo v telesih nevronov,
 - ▣ po prenosnem sistemu → ž. končič, kjer se dokončno kemično oblikujejo;
 - ▣ po ustreznem draženju → v sinaptično špranjo;
- **Sinteza hormonov**
 - ▣ v hipotalamusu (oblika posebnega izločanja nevrottransmiterjev),
 - ▣ preidejo v hipofizo:
 - po krvi → adenohipofiza;
 - po živčni poti → nevrohipofiza;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

4 ZAŠČITA MOŽGANOV

95

- CNS ima malo notranje opore:
 - ▣ citoskelet, ki vzdržuje obliko in lego celic;
- zunanje strukture, ki mu dajejo oporo oz. ga ščitijo pred poškodbami:
 - ▣ kostno tkivo – lobanja in hrbtenični kanal;
 - ▣ tri plasti vezivno-tkivnih membran – meninge (dura mater, arahnoida, pia mater),
 - ▣ tekočina med membranami = cerebrospinalna tekočina;

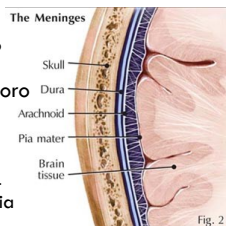


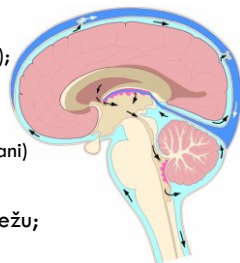
Fig. 2

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

4.1 Cerebrospinalna tekočina (likvor):

96

- prozorna tekočina v:
 - ▣ možganskih kletkah (ventriklih);
 - ▣ osrednjem kanalu hrbtenjače;
 - ▣ subarahnoidnem prostoru;
 - ▣ (vsi prostori med seboj povezani)
- tlak: stalen;
- nastajanje – v horioidne pletežu;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

97

Horioidni pletež (Plexus chorioideus)

- resasta tvorba s številnimi žilami na stenah ventriklov:
- sestava: kapilare + transportni epitelij (= **ependim**) → selektivna prepustnost;
- aktivni transport različnih ionov, topljencev v ventrike → nastanek osmotskega tlaka → v ventrike prehaja voda;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

98

- Likvor iz ventriklov → v subarahnoidni prostor (med pia mater in arahnoidno membrano) → obdaja celotne možgane in hrbtenjačo;
- arahnoidne resice (prstasti podaljški arahnoidne membrane);
- resorpcija → v možganske vene;
- omogoča ravnovesje med izločeno in resorbirano tekočino;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

99

Lastnosti likvorja:

- brezbarvna tekočina,
- kemična sestava → omogoča natančno regulirano kemijsko okolje za delovanje nevronov:
 - voda (99 %) + raztopljene snovi (1%)
 - (organske snovi 0,15 %!);
 - koncentracija snovi:
 - Na⁺ = plazma,
 - H⁺, Cl⁻, Mg²⁺ > krvna plazma;
 - K⁺, Ca⁺⁺, HCO₃⁻, fosfati, glukoza < krvna plazma)
 - beljakovine (predvsem albumini) – zelo malo (15 - 30 mg/dl);
- prisotnost krvnih celic, beljakovin → infekcija!!**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

100

Vloge likvorja:

- mehanska zaščita CNS:
 - lebdenje v tekočini (teža možganov zato zmanjšana za 30-X;
 - zmanjševanje pritiska okolnih struktur na možgane;
 - preprečevanje poškodb zaradi udarcev in sunkov;
- kemična zaščita CNS:
 - natančno regulirano ekstracelularno okolje za nevrone;
 - uravnavanje stalne sestave intersticija,
 - prenos nekaterih metabolitov, HS, neuroendokrinih snovi in nevrottransmiterjev.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

101

4.2 Krvno - možganski zapori

- v večini telesnih tkiv izmenjava snovi – difuzija;
- po i/v dajanju barvila se telesna tkiva obarvajo, možgani so nespremenjeni (Ehrlich, 1885)
 - Paul Ehrlich (1854 – 1915), nemški bakteriolog, utemeljitelj kemoterapije, 1908 prejel Nobelovo nagrado za raziskave imunosti (skupaj z I.I. Mečnikovim, odkriteljem fagocitoze)
- ker so možgani glavni kontrolni center telesa, morajo biti celice zaščitene pred potencialno škodljivimi snovmi iz krvi → kapilare manj prepustne kot v drugih tkivih;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

102

4.2.1 Krvno-možganska (hematoencefalna) bariera (BBB):

- med krvjo in intersticijsko tekočino možgan,
- ščiti možgane pred prehodom ionov, hormonov in nevrottransmiterjev;
- v maščobi topne snovi bariero lahko prestopijo!
- transport nekaterih snovi skozi bariero – s pomočjo specifičnih membranskih nosilcev;
- samo majhen del snovi (tekočine) preide neposredno v intersticij, od tod pa v subarahnoidalni prostor (v cerebrospinalno tekočino);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

103

- okoli 1 % skupne možganske prostornine nima zapore (predvsem v področju hipotalamusa):
 - ▣ lahko odgovarja na spremembe ozmolarnosti ali koncentracije glukoze v krvi;
 - ▣ lahko oddaja nekatere nevrohormone v cirkulacijo;
 - ▣ reagira na nekatere toksine in zdravila (npr. center za bruhanje);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

104

4.2.2 Krvno-likvorska (hematocerebralna) bariera:

- med krvjo oziroma kapilarami horioidnega pleteža in cerebrospinalno tekočino;
- kapilare posebej nepropustne za ione in molekule;
- izmenjava snovi med likvorjem in intersticijem – specifični membranski nosilci;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

105

Vloge zapor

- **Selektivnost** - določanje vrste in količine snovi, ki vstopi v možgane:
 - ▣ urejanje kemijske sestave možganske izvencelične in cerebrospinalne tekočine;
 - ▣ preprečevanje dostopa škodljivim snovem do možganskih nevronov.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

106

- **Prepustnost:**
 - ▣ voda, CO₂ - hitra difuzija,
 - ▣ v lipidih topne snovi (različni splošni anestetiki, nekatera zdravila, alkohol) - difuzija v raztopljenem stanju;
 - ▣ glukoza, aminokisline - specifični prenašalci v endotelnih membranah;
 - ▣ ioni (K⁺, Na⁺) potujejo:
 - iz krvi v citoplazmo endotelnih celic skozi kanalčke;
 - iz citoplame v zunajcelično tekočino možganov - aktivni prenos.
 - ▣ težke kovine, nekateri strupi – neprehodna.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

107

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

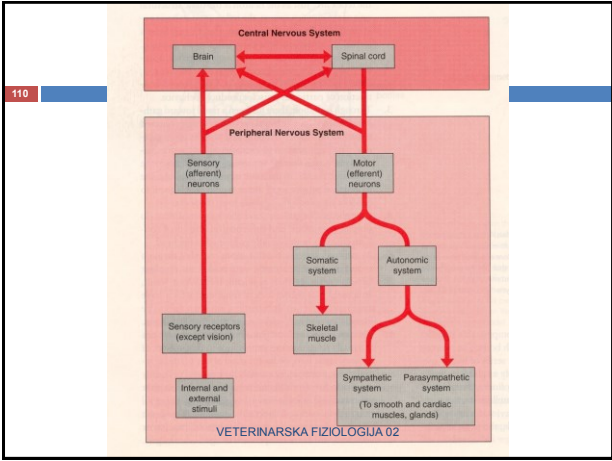
108

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

109

VF02-03
PERIFERNI ŽIVČNI SISTEM

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02



111

Sestava in naloge perifernega NS

- osnovna naloga - prevajanje dražljajev med osrednjim živčevjem in drugimi deli telesa; sestava:
 - 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;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

112

- Razdelitev živcev glede na anatomski izvor:
 - možganski živci
 - hrbtenjačni živci
- Razdelitev živcev glede na mielinizacijo:
 - mielinizirana živčna vlakna
 - nemielinizirana živčna vlakna

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

113

Lastnosti živcev

- specifične lastnosti:
 - vzdražljivi po celi dolžni
 - dražljaj (AP) prevajajo dvosmerno (aferentno/ eferentno)
 - dražljaj (AP) prevajajo le, če so nepoškodovani (**zakon integritete**)
 - dražljaj (AP) prevajajo le po enem vlaknu, brez možnosti prenašanja na sosednja vlakna (**zakon izoliranega prevajanja**)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

114

Razdelitev perifernega NS:

- Aferentni (senzorni) živčni sistem: receptorji → CNS,
- Eferentni (motorni) živčni sistem: CNS → zunanost telesa:
 - somatski motorni del → skeletne mišice, in
 - avtonomni (vegetativni) del → notranji organi:
 - simpatični in parasimpatični (antagonistično delovanje).
- Enterični (visceralni) živčni sistem - mreža nevronov v stenah prebavnega trakta (→VF05-01):
 - kontrolira ga avtonomni NS,
 - lahko deluje samostojno.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

115

1 AVTONOMNI – VEGETATIVNI NS

VETERINARSKA FIZIOLOGUA 02

Vegetativni NS:

116

- oživčuje vsa tkiva razen skeletnih mišic – odgovoren za uravnavanje pomembnih življenjskih procesov;
- delovanje ni pod vplivom volje;
- povezava med CNS in delujočim organom - po 2 nevronih:
 - presinaptična živčna vlakna** – vsa živčna vlakna, ki se nahajajo med CNS in avtonomnimi gangliji (sinapso)
 - postsinaptična živčna vlakna** – vsa živčna vlakna med avtonomnim ganglijem in delujočim organom
 - med seboj povezana s **sinapso v avtonomnem gangliju**:
 - preklopi, skozi katere dražljaj potuje naprej,
 - pomembna integracija in modulacija dražljaja.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.1 Delitev avtonomnega živčnega sistema:

117

- na osnovi anatomskih in fizioloških razlik:
 - simpatični del (simpatikus)** - aktiviran ob fizični aktivnosti, vznemirjenjem, v nevarnih situacijah za organizem (*fight, flight, or fright*);
 - parasimpatični del (parasimpatikus)** - v stanjih, ko se ohranja energija (*rest and digest*);

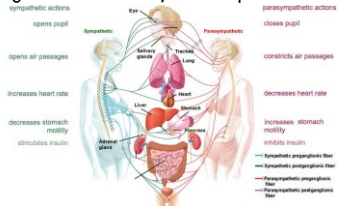


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Vloga vegetativnega živčnega sistema pri vzdrževanju homeostaze

118

- večina organov - dvojno ožvičenje;
- ena veja deluje zaviralno, druga pospeševalno = **antagonistično delovanje** → omogoča vzdrževanje homeostaze;
 - izjeme: gl. mišice krvnih žil, žlez znojnic – samo simpatikus!!

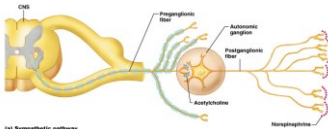


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.1.1 Simpatikus:

119

- značilnost: kratki preganglijski in dolgi postganglijski aksoni;
- živčna vlakna - iz torakolumbalnega dela hrbtenjače:
 - telo nevrona - v stranskem rogu hrbtenjače;
 - izstop → ventralni rog;
 - mielinizirano vlakno - po spinalnem živcu;

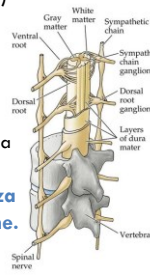


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

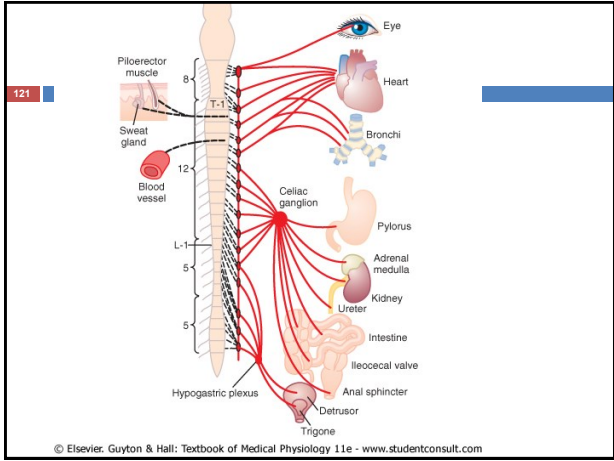
veriga ganglijev (L in D od hrbtenjače) = **simpatikusno deblo (Truncus sympathicus):**

120

- prсни in vratni gangliji** → oko, nosna sluznica in žleze slinavke;
 - v področju vratu in prednjega dela prsnega koša:
- zunanj (kolateralni) gangliji** → živci za oči in trebušne ter medenične organe.
 - v področju trebuha in medenice;

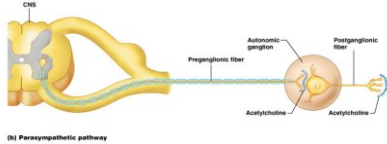


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02



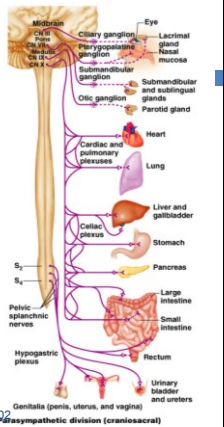
1.1.2 Parasimpatikus:

- 122
- živčna vlakna: iz možganskega debla in križničnega dela hrbtenjače,
 - dolgi preganglijski in kratki postganglijski aksoni;
 - ▣ vlakna - brez prekinitev do organov katere oživčujejo;
 - ▣ gangliji (v organih) → kratka (od 1 mm do nekaj cm) vlakna → v organ;
 - ▣ izjema: možganski živci (III., VII., IX.) – gangliji → postganglijska vlakna v organe.



Potek vlaken parasimpatikusa:

- 123
- **kranialni del – možganski živci (organi na področju glave, vratu in abdomna);**
 - ▣ III. - zenični sfinktri in ciliarne mišice,
 - ▣ VII. - solzne, nosne in podčeljustnične žleze,
 - ▣ IX. - podušesna slinavka.
 - ▣ X. (n. vagus) ~ 75 % vlaken → notranji organi prsne votline in večina trebušnih organov;
 - **sakralni del (S2 – S4) → nn. erigentes /nn. pelvici:**
 - ▣ kavdalna področja debelega črevesja,
 - ▣ sečni mehur,
 - ▣ kavdalna področja sečevodov,
 - ▣ zunanji spolni organi



1.2 Nevrotransmiterji VNS

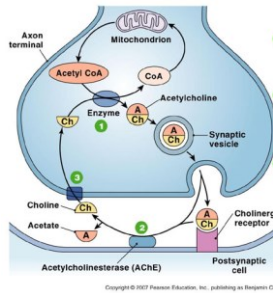
- 124
- simpatični in parasimpatični živčni končiči izločajo:
 - ▣ **acetilholin (ACh) → holinergična vlakna;**
 - ▣ **noradrenalin (= norepinefrin) → adrenergična vlakna;**
 - delujeta na notranje organe različno, med seboj največkrat nasprotujoče.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

- 125
- **vsi preganglijski nevroni v simpatičnem in parasimpatičnem živčnem sistemu – holinergični** → ACh v ganglijih vzdraži simpatične in parasimpatične postganglijske nevrone.
 - **postganglijski nevroni**
 - ▣ **parasimpatikusa - holinergični,**
 - ▣ **simpatikusa - večinoma adrenergični.**
 - nekatere veje simpatikusa ali parasimpatikusa izločajo tudi ATP, dopamin in različne neuropeptide (= **neadrenergični, neholinergični nevroni**).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.2.1 Sinteza, izločanje in razgradnja ACh:



- 126
- 1 – sinteza ACh: holin + acetil CoA (encim **holin-acetil transferaza**);
 - 2 – razgradnja ACh v sinaptični špranji (encim **holinesteraza**)
 - 3 – vračanje holina v živčni končič (resinteza ACh)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

127

- večina ACh se razgradi v zelo kratkem času,
- manjše količine ACh preidejo v tkivno tekočino in kri → encim **serumska holinesteraza** - nagla razgradnja (zato: učinek kratkotrajen)
- Zaviralci (inhibitorji) holinesteraz (organofosforni preparati) delujejo kot insekticidi ali živčni bojni strupi.**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

128

1.2.2 Sinteza , izločanje in razgradnja noradrenalina

- noradrenalin, adrenalin, dopamin = **kateholamini**;
- izločanje pod vplivom AP v živčnih končičih;
- deluje le nekaj sekund (intenzivni procesi odstranjevanja):
 - 1. aktivna reapsorpcija (50-80 %);
 - 2. difuzija v okolno telesno tekočino → kri (delovanje 10-30 s) → difuzija v tkiva;
 - 3. encimska razgradnja (monoamino oksidaze in katehol-O-metil transferaza) → vanilin-mandljeva kislina

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

129

1.3 Receptorji nevrottransmiterjev VNS:

- nevrottransmiterji VNS delujejo na ciljne organe tako, da se najprej vežejo na receptorje (kot hormoni);
- glede na vrsto transmitterja, ki učinkuje na receptor, razlikujemo:
 - adrenergične receptorje (za noradrenalin);
 - holinergične receptorje (za ACh);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

130

Nevrottransmiterji in receptorji VNS

Figure 11-11

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

131

a) Holinergični receptorji:

- nikotinski receptorji** → alkaloid nikotin;
 - v avtonomnih ganglijih simpatikusa in parasimpatikusa;
 - aktivacija receptorja → odpiranje Na^+/K^+ kanalčkov → depolarizacija postsinaptične celice;
- muskarinski receptorji** → muskarin (strup mušnice);
 - v sinapsah parasimpatikusa (ciljni organi);
 - aktivacija receptorja → sistem drugega prenašalca

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

132

B) Adrenergični receptorji:

- α- adrenergični receptorji:**
 - v ciljnih tkivi simpatikusa;
 - aktivacija α_1 → aktivacija fosfolipaze C;
 - aktivacija α_2 → zaviranje nastanka cAMP;
 - odgovor ciljnih celic na aktivacijo: krčenje gladkih mišičnih celic, vazokonstrikcija;**
- β-adrenergični receptorji:**
 - β_1 – srce, ledvice;
 - aktivacija → povečanje cAMP
 - β_2 – na mestih, ki jih ne oživčuje simpatikus;
 - aktivacija → znižanje cAMP
 - odgovor ciljnih celic na aktivacijo: relaksacija gladkih mišičnih celic, vazodilatacija;**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Primerjava simpatičnega in parasimpatičnega živčnega sistema

	Simpatični	Parasimpatični
Izvor	8. vratni, 1. prsni do 4. lumbarni segment	srednji možgani, medulla, 2. – 4. skralni segment
Lokacija perifernih ganglijev	v paravertebralni simpatični verigi; 3 gangliji vzdolž aorte	Na ali ob ciljnih organih
Nevrotransmitter na ciljnih sinapsi	noradrenalin (adrenergični nevroni)	ACh (holinergični nevroni)
Tip receptorjev nevrotransmiterja	alfa in beta	nikotinski in muskarinski
Ganglijska sinapsa	ACh na nikotinskih receptorjih	ACh na nikotinskih receptorjih
Sinapsa med nevronom in ciljno celico	noradrenalin (alfa ali beta receptorji)	ACh na muskarinskih receptorjih

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Primerjava holinergičnih in adrenergičnih receptorjev

Vrsta receptorjev	Razdelitev	Nahajanje
holinergični	nikotinski (N ₁ , N ₂)	postganglijski nevroni VNS, živčno-mišične sinapse, nekateri nevroni CNS
	muskarinski	gladke mišice, srce, žlezne celice, nekateri nevroni osrednjega živčevja
adrenergični	α (α ₁ , α ₂) β (β ₁ , β ₂)	gladke mišice, srce, žlezne celice, nekateri nevroni osrednjega živčevja

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Učinki VNS na različne organe

Ciljni organ	Učinki parasimpatikusa	Učinki simpatikusa
Piljuča	bronhokonstrikcija	bronhodilatacija, zmerna vazokonstrikcija
Prebavila	pospešena peristaltika in sekrecija prebavnih sokov; relaksacija sfinktrov (olajšano premikanje himusa)	zavrtja peristaltika in sekrecija prebavnih sokov; krčenje sfinktrov, lokalna vazokonstrikcija
jetra	ni učinka	adrenalin stimulira sekrecijo glukoze v kri
žolčni mehur	stimulacija (krčenje in iztiskanje žolča)	inhibicija (relaksacija)
sredica nadledvične žleze	ni inervacije	stimulacija – sekrecija adrenalina in noradrenalina v krvni obtok
Ledvice	ni učinka	vazokonstrikcija, povečano izločanje urina
Sečni mehur	kontraktacija gladkih mišic v steni, relaksacija uretralnega sfinktra, spodbuja uriniranje	sproščanje gladkih mišic v steni, krčenje uretralnega sfinktra, zavira uriniranje

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Učinki VNS na različne organe 2

Ciljni organ	Učinki parasimpatikusa	Učinki simpatikusa
Penis	erekcija (vazodilatacija)	ejakulacija
Maternica	zavira kontrakcijo miometrija; vazodilatacija	stimulira kontrakcijo miometrija; vazokonstrikcija
Krvne žile	ni učinka (ali zelo majhen)	vazokonstrikcija (abdominalni organi, koža), dvig krvnega tlaka; vazodilatacija (skeletalne mišice med delom);
Koagulacija krvi	ni inervacije	pospešena koagulacija
Celični metabolizem	ni inervacije	povečana stopnja presnove
Maščobno tkivo	ni inervacije	pospešuje razgradnjo

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.4 Uravnavanje delovanja VNS:

- eferentni nevroni VNS - povezani s centri za urejanje homeostaze v hipotalamusu, pontu in podaljšani hrbtenjači.
- avtonomne funkcije, ki jih urejajo možgani:
 - ▣ frekvenca srca,
 - ▣ krvni tlak,
 - ▣ termoregulacija,
 - ▣ ravnotežje vode.
- Kljub povezavi med avtonomnimi potmi in možgani - številni avtonomni refleksi lahko potekajo brez vplivov možganov (uriniranje, defekacija).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

139

2 SOMATSKI (MOTORNI) ŽIVČNI SISTEM

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

140

- somatski NS sestavljajo:
 - eferentni živci, ki prenašajo dražljaje iz CNS do mišic;
 - aferentni (senzorni) živci, ki prenašajo povratne informacije v CNS.
- večina živcev tega sistema - pod kontrolo volje (razen ob nezavednosti ali ob refleksih)
- celična telesa SNS: v sivi substanci hrbtenjače ali možganov,
- iz njih izhajajo aksoni do ciljnih celic skeletne muskulature
 - aksoni mielinizirani, dolgi nad 1 m (okončine!).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.1 Funkcionalne posebnosti somatskih motornih poti:

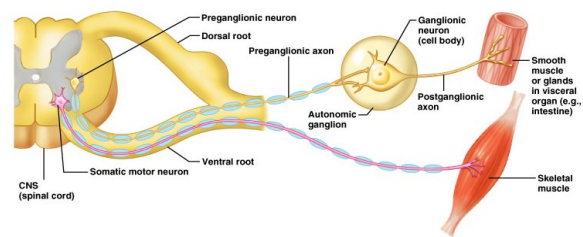
141

- posamezni nevron kontrolira številna mišična vlakna = **motorna enota**;
- sinapsa med somatskim motornim nevronom in mišico = **živčno-mišična sinapsa**;
- somatski nevroni, ki oživčujejo skeletne mišice = **motorni nevroni (motonevroni)**:
 - njihovo vzdraženje → vzdraženje skeletnih mišic,
 - vedno ekscitatorni (vzdražijo mišico) - **somatski nevroni za zaviranje delovanja skeletnih mišic ne obstajajo**;
 - relaksacija mišice → zaradi inhibicije motorne plošče

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Primerjava zgradbe vegetativnega in somatskega motornega nevrna

142



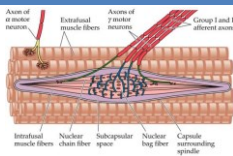
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.2 Tipi somatskih motornih nevronov:

143

□ **α motonevroni :**

- ventralni rog hrbtenjače → skeletna mišična vlakna (ekstrafuzalna) → nastanek mišičnega tonusa;

□ **γ motonevroni:**

- inervirajo intrafuzalna mišična vlakna (**mišično vreteno**)
- zaznavajo raztezanje mišic – refleksno vzdrževanje stalne dolžine mišic (refleks iztezanja)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.2 Živčno-mišična sinapsa (→ VF11-01)

144

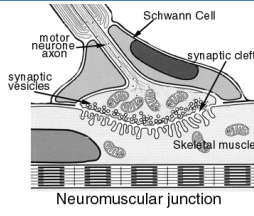
- somatski motorni nevroni se veščijo blizu ciljnih celic,
- vsaka veja se deli na skupino povečanih živčnih končičev (boutoni), ki leže na P skeletne mišice;
- **nevromuskularna sinapsa** – povezava med:
 - živčnim končičem motornega nevrna in
 - motorno ploščo (vzdražljivim področjem sarkoleme);
- dražljaj za krčenje mišice – AP v motornem živčnem vlaknu, ki se preko sinapse prenese do motorne ploščice;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

A) Zgradba motorne ploščice

145

- membrana mišične celice (modificirana) → gube (plitvi žlebovi);
- na zgornjem robu vsake gube – **ACh receptorji (nikotinski)**, združeni v aktivno cono.
- sinaptična zev med aksonom in mišico:
 - napolnjena s fibrozno maso,
 - kolagena vlakna – držijo živčne končiče in motorno ploščo v pravem položaju.
- v matriksu encim **ACh-esteraza** → razgradnja ACh;



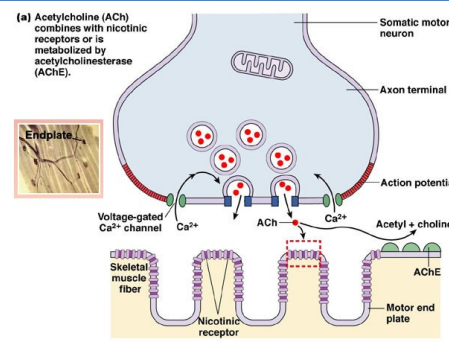
Neuromuscular junction

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

B) Delovanje živčno-mišične sinapse:

146

(a) Acetylcholine (ACh) combines with nicotinic receptors or is metabolized by acetylcholinesterase (AChE).



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

147

- AP v živčnem končiču aktivira od napetosti odvisne Ca-kanalčke → **vstopanje Ca²⁺ v nevron**;
- zaradi vdora Ca²⁺ se vezikli, ki vsebujejo ACh, zlijejo s plazma membrano živčnega končiča → **ACh se izlije v sinaptično špranjo**;
- ACh se veže na nikotinske receptorje na motorni ploščici sarkoleme → **aktivacija nikotinskih receptorjev**;
- odpiranje Na⁺/K⁺ kanalčkov (Na⁺ v celico, K⁺ iz celice) → naboj sarkoleme postane bolj (+) → **AP na sarkolemi** (angl. *End-plate Potential, EPP*) → sproži procese v mišičnem vlaknu, ki omogočijo njegovo krčenje.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Primerjava lastnosti somatskega in avtonomnega živčnega sistema:

	somatski	avtonomni
število eferentnih nevronov med CNS in delujočim organom	en nevron	dva nevrone (med seboj povezana s sinapsami)
nevrottransmitter na sinapsi s ciljno celico (receptorji)	ACh (nikotinski)	ACh (muskarinski) ali NA (α ali β)
ciljno tkivo	skeletne mišice	gladke mišice in srce, žleze in nevroni v prebavilih
učinek na ciljno tkivo	vedno ekscitacija	ekscitacija ali inhibicija
funkcije	gibanje in vzdrževanje položaja	visceralna funkcija, vključno z gibanjem in sekrecijo notranjih organov, kontrola presnove

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

148

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

149

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

151

VF02-04 INTEGRACIJA PROCESOV NS

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

152

- v živčevju: integracija signalov → NS deluje kot uigrana celota;
- osnova integracijskih procesov: prenos signalov skozi sinapse;
- Procesi v CNS so:
 - ▣ refleksi, sprožanje in urejanje gibanja,
 - ▣ spomin, učenje, razmišljanje,
 - ▣ oglašanje in govor,
 - ▣ spanje, obnašanje.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1 REFLEKSI

153

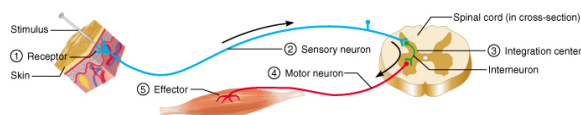
- ena od osnovnih funkcij CNS;
- nehoten in nezaveden odgovor živčnega sistema na dražljaj;
- prenos poteka po refleksnem loku;
- princip delovanja: mehanizem negativne povratne zveze;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.1 Elementi refleksnega loka

154

- 1. sprejemnik (receptor),
- 2. senzorična (afarentna) živčna vlakna,
- 3. refleksni (integracijski) center,
- 4. motorna (eferentna) živčna vlakna,
- 5. delujoči/izvršni organ (efektor);



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

A) Receptorji:

155

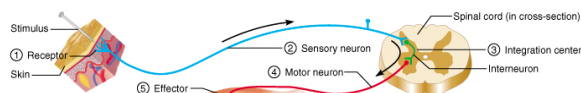
- zgradba:
 - ▣ živčni končiči,
 - ▣ receptorske celice,
 - ▣ receptorni organi;
- delovanje:
 - ▣ pretvarjanje signalov (energijskih) iz okolice v AP;
 - ▣ frekvenca sprožanja (in prenosa po živcih) - premo sorazmerna jakosti dražljaja;
 - ▣ **frekvenčno kodiranje** = način receptorjevega sporočanja podatkov v osrednje živčevje;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

B) Nevroni refleksnega loka

156

- aferentni (senzorični) živec:
 - ▣ prenaša AP od receptorja do CNS;
 - ▣ v hrbtenjačo vstopa skozi **dorzalni rog**.
- eferentni (motorični ali sekretorni) živec:
 - ▣ zapušča hrbtenjačo skozi **ventralni rog**,
 - ▣ vodi AP do izvršilnega organa (efektorja).



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

C) Refleksni center

- 157
- sinapsa v CNS;
 - vloga – integracija dražljaja:
 - ovrednoti prejeto informacijo in izbere ustrezen odgovor;
 - sproži AP v eferentnem nevronu;

D) Izvršilni organ (efektor)

- mišica ali žleza, ki odgovarja na dražljaj iz motornega nevrona:
 - skeletne mišice,
 - srce,
 - gladke mišice (šarenica),
 - žleze z zunanjim izločanjem,
 - endokrine žleze.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

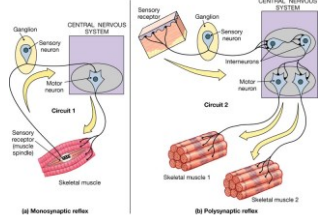
1.2 Klasifikacija refleksov:

- 158
- glede na eferentni del NS, ki uravnava odgovor;
 - glede na lokacijo integracijskega centra v CNS;
 - glede na nastanek;
 - glede na število nevronov v refleksni poti.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

1.2.1 Razdelitev refleksov glede na število nevronov v refleksni poti:

- 159
- monosinaptični:** direktni stik senzornega in motornega nevrona v hrbtenjači,
 - polisinaptični:** interneuroni med senzornim in motornim nevronom → kompleksna mreža.



1.2.2 Razdelitev refleksov glede na nastanek

A) Nepogojni refleksi:

- 160
- vzdraženje receptorja → senzorni nevron → motorni nevron (direkten prekop v hrbtenjači!) → efektor
 - ni vključen CNS → reakcija zelo hitra;
 - ni potrebno razmišljanje ali odločanje;
 - enaki pri vseh osebkih iste vrste,
 - imajo določena receptorna polja v določenih področjih telesa → draženje teh polj povzroči nastanek refleksov.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

B) Pogojni refleksi

- 161
- potekajo brez vplivov volje, čeprav pri njihovem nastanku in poteku sodeluje CNS;
 - se razvijajo in ugašajo vse življenje (**začasni**);
 - specifično reagiranje na prej nespecifične dražljaje:
 - prepoznavna predhodne izkušnje = **neadekvatni** senzorični dražljaj (zvok, svetloba, kožni dražljaj)
 - vzburjenje asociacijskega centra v možganih
 - refleksni odgovor (slinjenje, izločanje želodčnega ali prebavnega soka);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Primer nastanka pogojnega refleksa:

- 162
- adekvatni dražljaj = hranjenje:
 - zaradi vpliva na receptorje v ustni sluznici → slinjenje / izločanje želodčnega soka;
 - neadekvatni dražljaj = zvok, svetloba:
 - draži senzorno področje v skorji velikih možganov;
 - povezava (integracija) → pri zaznavanju zvoka določene kvalitete se pojavi slinjenje / izločanje drugega prebavnega soka;
 - Ivan Petrovič Pavlov (1849 – 1936) – ruski zdravnik in fiziolog: odkril pogojne reflekse, ko je proučeval prebavne procese pri psih; l.1904 – Nobelova nagrada;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

The diagram is divided into two main sections. The top section illustrates a reflex arc, showing the path of an electrical impulse from a stimulus (a ringing bell) through the brain, ear receptor cells, the auditory nerve, a synapse, and an effector neuron back to the brain. The bottom section illustrates classical conditioning using Pavlov's dog. It shows three stages: 1. Unconditioned Response: A dog salivates (indicated by a red arrow) when presented with meat (a red heart). 2. Conditioning: A dog salivates when presented with both a bell (a yellow starburst) and meat. 3. Conditioned Response: A dog salivates when presented with only the bell. A legend at the bottom explains the symbols: Meat → Salivation, Bell → Salivation, and Bell → Salivation.

Reflex Arc Diagram Labels:

- Brain neuron
- Brain cerebral cortex
- Ringing Bell
- Ear receptor cell
- Receptor - Auditory nerve
- Effector
- Receptor nerve
- Synapse
- Effector neuron

Classical Conditioning Diagram Labels:

- Unconditioned Response
- Conditioning
- Conditioned Response
- Meat
- Salivation
- Bell
- Salivation
- Salivation

The diagram illustrates the visceral reflex arc. A stimulus is detected by a sensory receptor in the viscera, which sends a signal through a sensory root ganglion to the central nervous system. Within the CNS, the signal travels through an integration center (which may be a preganglionic neuron) and a preganglionic axon to a ganglionic neuron. This neuron then sends a signal through an autonomic ganglion and a visceral effector fiber back to the viscera. The entire pathway is labeled as the visceral reflex arc (autonomic reflex).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Alpha-gamma coactivation

1. Afferent input from sensory endings of muscle spindle fiber

2. Alpha motor neuron output to regular skeletal muscle fiber

3. Stretch reflex pathway

4. Gamma motor-neuron output to contractile end portions of spindle fiber

5. Descending pathways coactivating alpha and gamma motor neurons

Labels in diagram: Spinal cord, Sensory afferent, γ , α , Extrafusal muscle fibers, Intrafusal muscle fibers.

- uravnavačo delovanje agonistov in antagonistov, ki omogočajo premikanje sklepov;
- ob krčenju fleksorjev – relaksacija ekstenzorjev (= **recipročna inhibicija**);
- primer: patelarni refleks

2 GIBANJE

169

- visoko integriran, koordiniran odgovor, ki zahteva informacije iz številnih področij možganov;
- uravnava gibanja: integracijski centri CNS;
 - skeletne mišice ne morejo direktno komunicirati med seboj;
- razdelitev gibanja glede na premikanje:
 - gibanje z mesta (hoja, tek, skakanje, plezanje, letenje ...)
 - gibanja na mestu (stoja, vstajanje, leganje ...)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.1 Razdelitev gibanja glede na vpliv volje

170

- refleksno gibanje:**
 - najmanj kompleksno (se integrira v hrbtenjači);
 - lahko pod vplivom višjih možganskih centrov → sodelovanje pri zavestnem gibanju;
- antigravitacijsko gibanje** – posebna oblika refleksnega gibanja:
 - za vzdrževanje položaja telesa med mirovanjem in gibanjem;
 - zahteva stalne informacije iz receptorjev:
 - v mišicah, sklepih, tetivah → informacije o medsebojnem položaju delov telesa;
 - čutilo za vid, ravnotežje → vzdrževanje položaja v prostoru;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

171

- zavestno (hotno) gibanje:**
 - najbolj kompleksna oblika gibanja,
 - zahteva integracijo v možganski skorji in
 - lahko poteka brez zunanjih dražljajev;
 - mišični spomin – sposobnost telesa, da izvaja zavestne, kompleksne gibe (refleksno!);
- ritmično gibanje:**
 - kombinacija zavestnega in refleksnega (npr. hoja, tek);
 - začetek in konec – pod vplivom možganske skorje (zavesti),
 - vzdrževanje: lahko brez vplivov CNS (vloga spinalnih interneuronov);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.2 Vloga višjih motoneuronov pri gibanju

172

- nevroni CNS, ki projicirajo aksone na periferijo in direktno ali indirektno kontrolirajo mišice; delitev:
 - nižji motonevroni** - periferni (somatski) živci: α- in γ motonevroni (hrbtenjača → mišice; →VF02-03);
 - višji motonevroni** - vsi nevroni CNS, ki vplivajo na nižje;
 - piramidalni sistem** → sprožanje zavestnega gibanja;
 - ekstrapiramidalni sistem** → antigravitacijsko gibanje;
 - koordinacija gibanj, ki jih sprožita piramidalni ali ekstrapiramidalni sistem → **mali možgani**;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

A) Piramidalni sistem

173

- aksoni iz motornih področij skorje možgan;
- 1.pot - **kortikospinalni trakt**: most → podaljšana hrbtenjača (~90 % aksonov na kontralateralno stran) → hrbtenjača;
- 2.pot - **kortikobulbarni trakt**: možgansko deblo → motonevroni mišic glave;

The diagram illustrates the pyramidal system. It starts with upper motor neurons in the cerebral cortex (primary motor area) descending through the internal capsule, midbrain, pons, medulla oblongata, and spinal cord. The anterior corticospinal tract is shown crossing over (decussation of pyramid) to the opposite side of the spinal cord, where it meets lower motor neurons that innervate skeletal muscles. Labels include: Upper motor neurons, Cerebrum, Internal capsule, Midbrain, Cerebellum, Pons, Medulla oblongata, Anterior corticospinal tract, Cervical spinal cord, Lumbar spinal cord, Lower motor neurons, and Skeletal muscle.

(a) Pyramidal (lateral and anterior corticospinal) tracts

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

B) Ekstrapiramidalni sistem:

174

- možgansko deblo → hrbtenjača;
- poti prevajanja – trakti:
 - retikulospinalni
 - vestibulospinalni
 - tektospinalni
 - rubrospinalni

The diagram illustrates the extrapyramidal system. It shows the red nucleus in the midbrain, which gives rise to the rubrospinal tract. Other tracts shown include the reticulospinal tract, vestibulospinal tract, and tectospinal tract. These tracts descend through the pons, medulla oblongata, and spinal cord. Labels include: Cerebrum, Red nucleus, Midbrain, Cerebellum, Pons, Rubrospinal tract, Medulla oblongata, Cervical spinal cord, and Lumbar spinal cord.

(b) Rubrospinal tract (an extrapyramidal tract)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

2.3 Nivoji uravnavanja gibanja:

175

- NS po piramidalnem sistemu uravnava gibanje na treh različnih stopnjah (ravneh) = **funkcionalna hierarhija motorične kontrole za zavestno gibanje**:
 - ▣ višja raven,
 - ▣ srednja raven,
 - ▣ nižja raven.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

I. Višja raven uravnavanja

176

- odgovorna za spomin in emocije (limbični sistem),
- izvor – korteks:
 - ▣ širša (sekundarna) motorična, asociacijska in nekatera senzorična področja,
 - ▣ suplementarno motorično področje
- nastanek načrta gibanja glede na zahteve;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

II. Srednja raven uravnavanja

177

- predstavljajo jo:
 - ▣ senzomotorična, ožja motorična in asociacijska področja korteksa, suplementarno motorično področje;
 - ▣ mali možgani,
 - ▣ del bazalnih ganglijev,
 - ▣ nekatera jedra v možganskem deblu.
- načrt gibanja → razdelitev v manjše podprograme, (za gibanje posameznih okončin, vzdrževanje položaja, premikanje oči);
- ti podprogrami se prevajajo do nižje ravni.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

III. Nižja raven uravnavanja

178

- predstavljata jo:
 - ▣ možgansko deblo in hrbtenjača,
 - ▣ izvor motornih živcev.
- dokončna vloga pri uravnavanju tonusa in krčenju mišičnih skupin, potrebnih za izvajanje programa gibanja.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

3 SPOMIN IN UČENJE

179

- povezani dogajanj, drugo drugemu osnova.
- **Spomin**:
 - ▣ zaznavanje preteklih dogodkov;
 - ▣ sposobnost zadrževanja/shranjevanja vsebine doživetij in sposobnost ponovnega priklica v zavest;
 - zavest: celota duševnih stanj in procesov, ki se jih osebek zaveda
- Razdelitev spomina glede na trajanje:
 - ▣ **kratkotrajni spomin**: traja od nekaj sekund do nekaj minut
 - ▣ **srednje dolgi spomin**: traja od nekaj ur do nekaj dni
 - ▣ **dolgotrajni spomin**: traja več tednov, mesecev, let

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Nevrofiziološke osnove spomina:

180

- reverberacijski krogi (signal kroži v zaprtem krogu nevronov);
- nastanek in izločanje peptidov (specifičnih nevrotansmitterjev);
- nastajanje in vzpostavljanje novih sinaptičnih povezav;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Učenje

181

- razširjanje izkustvenega (duševnega) obzorja z namenom bogatitve sposobnosti za prilagajanje materialnemu (za ljudi tudi kulturnemu) svetu in socialni skupnosti;
- pridobivanje znanja, veščin ali oblikovanje navad;
- osnove učenja:
 - vtis (angl. *imprint*) - zaznavanje prijetnih ali neprijetnih občutkov (privlačnost in odbojnost dogodkov ali postopkov), prijetni in neprijetni okusi, vonji, nastajanje bolečine, itd);
 - pogojni refleksi,
 - ponavljanje dejanj,
 - ugašanje - pri opuščanju ponavljanja;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Učenje pri živalih

182

- starši → učenje mladičv
 - različnih načinov obnašanja in reakcij (lovljenje, napad, beg);
- človek (lastnik) → učenje različnih dejavnosti/veščin živali:
 - konji: jahanje, vožnja, preskakovanje ovir,
 - psi: uboganje ukazov, sledenje, prinašanje predmetov, iskanje ponesrečencev, agilnosti ...
 - tudi pri drugih živalih:
 - govedo – vožnja,
 - cirkuške živali, ipd.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

4 RAZMIŠLJANJE

183

- **Misel:** oblika psihične dejavnosti, izhajajoča iz:
 - izkušenj (predhodno pridobljenih, doživetih in v spominu shranjenih dogodkov),
 - analize, primerjave in integracije dogodkov,
 - se kaže v obliki določenega miselnega zaključka.
- misel - element **mišljenja/razmišljanja:**
 - v svetu predstav in pojmov potekaajoče psihično dogajanje z namenom presoditi določene okoliščine;
- pri nastanku sodelujejo:
 - možganska skorja (čelni režen - poseben pomen pri oblikovanju misli in abstraktnem mišljenju).
 - talamus,, limbični sistem, mreževina,

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

184

- **Instinkt (instinctus), nagon**
 - prirojena zmožnost živali, da nehoti in nezavedno opravljajo različna smotrna dejanja, potrebna za ohranitev življenja posameznega osebk ali vrste (iskanje hrane, parjenje, spletnje gnezda, ipd.);
 - posebej izrazit pri žuželkah in pticah
- **Meje fiziologije pri razlagi duševnih procesov:**
 - Fiziologija ne pojasnjuje spomina, učenja, misli, razmišljanja, ipd.
 - Boljše razlage imajo druge, predvsem družboslovne/ humanistične znanosti (psihologija, sociologija, filozofija ipd.).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

5 OGLAŠANJE IN GOVORJENJE

185

- Možganski centri za nastanek glasu:
 - v skorji velikih m. - za oglašanje (pri ljudeh za govor) –
 - Sekundarni slušni korteks – Wernickovo področje
 - Sekundarni motorični korteks – Brocovo področje
 - Fasciculus arcuatus (povezovalni del med obema)
 - Hipotalamus (središče emotivnih reakcij; veselje, zadovoljstvo, jeza)
 - v podaljšani hrbtenjači (*formatio reticularis, n. ambiguus*) – deluje že ob rojstvu in je vzdražen pri refleksnih dražljajih (lakota, hlad, neugodna stanja), sproža oglašanje (cviljenje, jok)

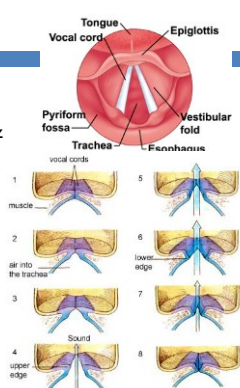
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

5.1 Nastanek glasu

186

A) Fonacija:

- (osnovni) nastanek glasu v grlu → dihala z dihalnim centrom in grlo z glasilkama (vpeti med tireoidni in aritenoidni hrustanec);
- mišice grla:
 - s krčenjem in sproščanjem privlačijo ali razmikajo hrustance → širijo ali ožijo režo med glasilkama + spreminjajo obliko glasilk
 - pri izdihu zrak teče med glasilkama → vibracije v prečni smeri (64 – 2100Hz) → zvok



VETERINARSKA FIZIOLOG

B) Artikulacija

187

- sodelujejo: jezik, ustnice, mehko nebo, obnosne votline (sinusi), žrelo, prsna votlina (rezonanca)
- glas se dokončno izoblikuje:
 - višina glasu - odvisna od dolžine, debeline in napetosti glasilk,
 - jakost glasu - odvisna od tlaka s katerim prehaja zrak skozi odprtino med glasilkama,
 - barva glasu se oblikuje (modificira) v farinksu in rezonančnih organih;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

C) Oglašanje (vokalizacija):

188

- oglašanje (pri živalih in ljudeh);
- govor (pri ljudeh);
- petje (ljudje, ptice (nekatero vrste), kiti, nekatere žuželke);
 - Manjše in mlajše živali imajo višjo frekvenco oglašanja kot večje in starejše.
- Druge vrste oglašanja (brez delovanja glasilk):
 - hrzanje
 - udarjanje ob tla, drevesa, druge predmete
- pri večini sesalcev in ptic: ima pomembno vlogo pri sporazumevanju

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Načini oglašanja pri živalih:

189

- renčanje** - nizkofrekventni, ostri glasovi, izražanje agresivnosti;
- cviljenje** - visokofrekventni glasovi, izražanje podrejenosti ali vabljenja
- vrstno specifični opozorilni glasovi:**
 - lajež, kruljenje, mukanje, rezgetanje, godrnjanje, ipd.
 - z naraščajočo in padajočo frekvenco, različne jakosti;
- vreščanje** - izražanje strahu, jeze ali bolečine;
- pihanje/sikanje** - opozarjanje in prikrivanje strahu;
- predenje** – pri mačkah;
 - frekventno krčenje diafragme in notranjih laringealnih mišic; 25/s, v osnovi verjetno izvira iz ČŽS, pomen nepojasnen (?)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

Petje pri pticah

190



- pomen:
 - iskanje partnerja,
 - označevanje teritorija,
 - identifikacija istovrstnosti;
- se razvije v mladosti in vsako leto ritmično ponavlja preko leta:
 - ptice pojejo 6-7 mesecev letno (II/III do VII/VIII), potem utihnejo
 - v času petja je koncentracija androgenov visoka, v drugem času nizka
- nekatero ptice - samo en napev, druge ogromno število;
- “regionalni dialekti”;
- oblikovanje glasu pri pticah - v sirinksu (ekvivalent larinksu pri sesalcih) ob toku zraka iz zračnih vrečk (bolj pomembno kakor iz pljuč).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

6 SPANJE (SUMNUS)

191

- ciklični fiziološki pojav, ki se lahko prekine pod vplivom različnih zunanjih senzornih dražljajev;
- značilno za sesalce in ptice:
 - relativno mirovanje,
 - odsotnost zavedanja,
 - zmanjšana odzivnost na zunanje dražljaje,
 - zmanjšana dejavnost telesnih funkcij.
- spremljevalni pojavi ob spanju:
 - zmanjšana frekvenca srca (bradikardija), dihanja (bradipnea),
 - znižan krvni tlak (hipotenzija),
 - znižan telesni pH (acidemija),
 - znižan bazalni metabolizem, telesna temperatura.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

6.1 Razdelitev spanja glede na trajanje:

192

- monofazno:**
 - neprekinjeno, navadno nekaj ur trajajoče obdobje,
 - značilno predvsem za človeka, primata in ptice;
 - pri nočno aktivnih živalih poteka podnevi, pri dnevnih pa ponoči.
- polifazno:**
 - se ponovi večkrat v 24 urah,
 - posamezna perioda traja od nekaj minut do nekaj ur;
 - ta oblika pri živalih najpogostejša;
- intermitentno:**
 - kadar so periode spanja posebno kratke,
 - med domačimi živalmi prežvekovalci,
 - večina divjih živali.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

193

6.2 Čas/dolžina spanja

□ razlike med vrstami:

■ primati 10–12 ur,

■ konji, drobnica 5–8 ur,

■ prašiči 7–8 ur,

■ mesojedi spijo dalj (14 ur dnevno) kakor rastlinojedi,

■ kiti, tjulnji, nekatere ptice – izmenoma leva in desna polovica možganov

□ starost osebkov:

■ mlajši organizmi spijo dlje in praviloma polifazno;

■ z rastjo in staranjem se čas spanja krajša.

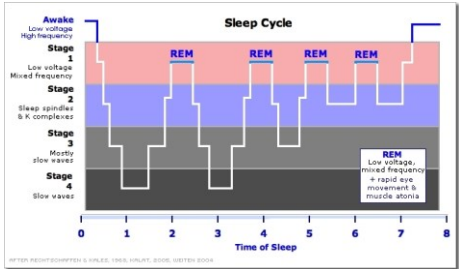


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

194

6.3 Faze (stadiji) spanja

□ med spanjem - periodično (na ~90 min) izmenjavanje dveh tipov: **globoko** in **REM**



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

195

A) Globoko spanje (slow-wave / NREM sleep)

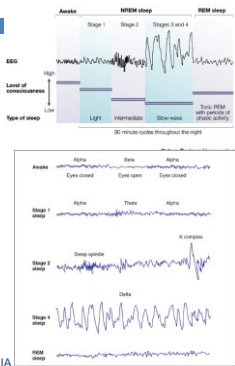
□ pri človeku prevladuje prve ure spanja;

□ pojavlja se v epizodah (~90 min),

■ znotraj vsake epizode – več faz (razlike v zapisu EEG)

■ 4. faza - značilni: veliki, počasni možganski valovi (δ) = **sinhronizirano spanje (S-spanje)**

□ vegetativne funkcije telesa se upočasnijo/zmanjšajo



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

196

B) REM (rapid eye movement) spanje (= paradoksalno / desinhronizirano)

□ obdobja, ki prekinjajo globoko spanje (trajanje 5-30 min);

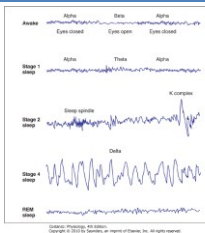
■ ob veliki utrujenosti krajša ali izostanejo

□ večina skeletnih mišic sproščena, aktivne očesne mišice → premikanje zrkla (veke zaprte);

□ neenakomeren srčni utrip

□ aktivnost možganov povečana (kot v budnem stanju → paradoksalno!)

□ pri ljudeh - sanje



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

197

6.4 Urejanje spanja in budnosti

□ budnost – aktivnost **retikularnega aktivacijskega sistema** v možganskem deblu;

■ **ciljno področje za splošne anestetike!**

□ preden žival zaspi: motorna in senzorna aktivnost se zmanjšata,

□ začetek spanja in zbujanje aktivno uravnavajo kompleksne interakcije med različnimi jedri možganskega debla in hipotalamusa:

■ sistem za budnost + sistem za spanje (hipnogeni sistem);

■ aktiviranje sistema za spanje + zaviranje sistema za budnost → spanje;

■ ob prebujanju – situacija obratna;

■ nekateri nevroni hipotalamusa → neuropeptid **oreksin (hipokretin)** → stimulira sistem za budnost

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

198

□ cikel spanja in budnosti: cirkadiani bioritem (→VF01-03);

■ uravnava ga suprahiazmatično jedro talamusa;

■ **aktivnost jedra: vpeta v 24-urno periodo z epifiznim hormonom melatoninom (→VF04-02);**

□ drugi pomembni dejavnik: „pritisk na spanje“ (sleeping pressure):

■ osebek postaja vedno bolj zaspan če ne more zaspati;

■ razlog: akumulacija adenoзина zaradi razgradnje ATP;

■ adenzin aktivira adenoziinske receptorje nekaterih nevronov → zaspanost

■ med spanjem koncentracija adenoзина upade

■ antagonist adenoзина - kofein

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

61

študijsko gradivo

199

- Vloga pri spanju imajo tudi nekateri nevrottransmiterji:
 - ▣ serotonin podaljšuje spanje,
 - ▣ kateholamini so pomembni pri prebujanju (noradrenalin sodeluje pri fazi REM),
 - ▣ acetilholin sodeluje pri prebujanju,
 - ▣ različni neuropeptidi (delta sleep inducing polipeptide),
 - ▣ hormoni (arginin-vazopresin, inzulin) in
 - ▣ nekateri citokini (IL, TNF).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

200

6.4 Pomen spanja

- za normalno delovanje organizma sta posebej pomembni fazi S in REM;
 - ▣ po rojstvu delež REM največji (z rastjo in razvojem pojema) → pomen pri razvoju CNS;
- v S spanju potekajo procesi, zaradi katerih nastopi občutek nasplosti in spočitosti;
 - ▣ poleg tega se v tej fazi tudi povečuje količina ravnega hormona v krvi zaradi povečane sinteze (→VF04-02);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

201

7 OBNAŠANJE ŽIVALI

- zavestni odgovor (reakcija) živali na stanja v okolici ali v sami živali;
- **Etologija (ethos/gr./ navada, običaj): veda/znanost, ki proučuje obnašanje (živali in ljudi)**
- Splošne značilnosti obnašanja
 - ▣ vrstno/pasemsko specifično;
 - ▣ ker živali iste vrste reagirajo v enakih situacijah več ali manj podobno, govorimo o vzorcih obnašanja (vedenjskih vzorcih).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

202

Vedenjski vzorci živali:

- komfortno obnašanje,
- obnašanje povezano s procesi prebave in presnove,
- obnašanje pri obrambi in zaščiti,
- teritorialno obnašanje,
- obnašanje v zvezi z razmnoževanjem (reprodukcijsko obnašanje),
- socialno obnašanje,
- obnašanje pri gradnji,
- oglašanje,
- igranje.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

203

7.1 Komfortno obnašanje

- obnašanje povezano z vzdrževanjem udobja:
 - ▣ izmikanje neugodnim stanjem,
 - ▣ spanje,
 - ▣ vedenje z zvezi z urejanjem telesne temperature:
 - npr. pri pregrevanju organizma iskanje sence, skrivanje glave pod trebuh drugih živali, umikanje v rove, dupla, valjanje v vodi ali blatu,



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

204

7.2 Obnašanje povezano s procesi prebave in presnove

- načini hranjenja in pitja (sesalci – perutnina; rastlinojedi – mesojedi - glodalci),
- shranjevanje hrane (glodalci, različne divje živali, psi, nekatere vrste ptic),
- obnašanje pri izločanju blata in seča.



7.3 Obnašanje pri napadu, obrambi in zaščiti

205

- Vse živali imajo razvite vzorce obnašanja s katerimi se:
 - ▣ umikajo pred napadalci iste ali druge vrste,
 - ▣ bežijo kot plen ali
 - ▣ napadajo v vlogi roparjev.
- vzorec borbenega vedenja se vzpostavi predvsem med živalmi istega družbenega položaja,
- podrejena žival se umakne pred nadrejeno.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

206

- Borbenost - povezana z agresivnostjo (vezana na spol ali fiziološko stanje):
 - ▣ samci agresivnejši kakor samice,
 - ▣ agresivnost se povečuje med spolnim dozorevanjem,
 - ▣ pri nekaterih vrstah agresivnost izražena tudi pri samicah, kadar imajo mladiče,
 - ▣ na agresivnost v veliki meri vplivajo hormoni (dojanje androgenov jo poveča, kastracija zmanjšuje).



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

7.4 Teritorialno obnašanje

207

- označevanje in zaščita življenjskega področja,
- označevanje področja na katerem žival živi z:
 - ▣ iztrebki,
 - ▣ sečem,
 - ▣ slino,
 - ▣ izločki kožnih žlez (nanašanje na debela, skale, grmovje ...),
 - ▣ oglašanje;
- upoštevanje "opozorila" – umik z označenega področja
- napadalno obnašanje v primeru vdora/vstopa predvsem živali iste vrste v življenjski areal.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

7.5 Obnašanje v zvezi z razmnoževanjem

208

- paritveni običaji, dvorjenje (posebej izraženi pri divjih živalih, pticah),
- obnašanje med brejostjo (samice bolj mirne),
- obnašanje ob porodu:
 - ▣ iskanje primerne mesta,
 - ▣ kopanje rova,
 - ▣ priprava gnezda (psica, mačka, svinja, glodalci)
- skrb za mladiče:
 - ▣ hranjenje,
 - ▣ agresivno vedenje do drugih živali,
 - ▣ "učenje obnašanja" (lova, ubijanja, umikanja)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

7.6 Socialno obnašanje

209

- razvito predvsem pri živalih, ki del leta ali vse leto preživijo v skupnostih (čredah, tropih, krdelih, jatah):
 - ▣ med živalmi se vzpostavi **družbena hierarhija**, ki se kaže v umikanju podrejenih živali pred močnejšimi in spretnjšimi.
 - ▣ predvsem izražena med hranjenjem v skupinskih namestitvah živali (obori, kletke), kjer je gibanje omejeno.
 - ▣ živali uveljavljajo in branijo svoje mesto s prerivanjem, zbadanjem, grizenjem, udarjanjem z glavo itd.
 - ▣ če se živalim omogoči večji prostor, se hierarhija ne razvije v opazni meri.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

210

- Na položaj v družbeni lestvici vplivajo:
 - ▣ starost,
 - ▣ telesna teža,
 - ▣ spol,
 - ▣ spretnost pri gibanju,
 - ▣ izkušenost.
- V živalskih skupnostih, kjer so prisotne živali obeh spolov, se razvijejo tri hierarhične skupine:
 - ▣ med odraslimi samci
 - ▣ med odraslimi samicami
 - ▣ med mladiči

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

211

- večinoma odrasli samci zaradi večje agresivnosti gospodarijo (dominirajo) nad samicami;
- odrasli osebki dominirajo nad mlajšimi;
- različne oblike skupnosti:
 - samci se po parjenju umaknejo iz skupnosti in živijo posebej (samsko ali v skupnosti);
 - samice in mladiči ostanejo skupaj;
 - mlade živali formirajo svojo skupnost

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

212

- **Vodenje** - sposobnost posamezne živali, da sproži nek nov vzorec vedenja, ki ga povzamejo ostali člani skupnosti.
- **Dominantnost** - nadvladanje nad drugimi živalmi v skupnosti → prednost pri hranjenju, parjenju
 - dominantna žival v skupnosti navadno ni istočasno tudi vodja;
 - **običajno so živali vodnice najstarejše živali v skupnosti, dominantne pa najagresivnejše.**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

7.7 Gradbeno obnašanje

213

- Sposobnost gradnje bivališč ali zavetišč za mladiče;
- pri nekaterih vrstah bolj, pri drugih pa manj izrazita.
- dobri graditelji bivališč:
 - nekatere vrste ptic,
 - med sesalci - glodalci in mesojedi:
 - kopanje rogov → bivanje, vzreja mladičev, .
 - kunci (kadar jih gojijo prosto ali v hlevih).
 - nočna bivališča (gnezda) - nekatere vrste opic.
 - psice in svinje → gnezda za mladiče.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

7.8 Sporazumevanje (komuniciranje)

214

- pomembno za usklajevanje dejavnosti, opozarjanje, orientacijo, dvorjenje, itd. med osebki iste vrste
- Načini komuniciranja/sporazumevanja:
 - vidni (vizualni),
 - zvočni (akustični),
 - vonjalni (olfaktorni),
 - tipalni (taktilni),
 - kombinacije vseh teh načinov.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

7.9 Igranje

215

- oblika vedenja pri kateri se razvijajo različni vzorci
- poteka med mladiči in med mladiči ter materjo: razvijanje borbenega vedenja, bega, lovljenja in ubijanja plena ipd.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

216

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03 1

VF03 FIZIOLOGIJA ČUTIL

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Čutila:

- sprejemajo dražljaje:
 - iz zunanjega sveta ali
 - iz notranjosti organizma.
 - detektorji, ker zaznajo dražljaje,
 - pretvorniki, ker pretvarjajo dražljaje v akcijske potenciale.
 - Vsako čutilo sestavlja:**
 - receptor (senzor),
 - senzitivni (afarentni) živec,
 - čutni (senzorni) center v skorji velikih možgan.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

- ## VF03-01 SPLOŠNE LASTNOSTI IN KLASIFIKACIJA RECEPTORJEV

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

- receptorji - pretvorniki, ki spreminjajo dražljaje v akcijske potenciale;
 - minimalni dražljaj, ki lahko aktivira receptor = **pražni dražljaja**;
 - vzdraženje receptorske celice povzroči:
 - aktivacijo receptorskih molekul v plazma membrani;
 - kaskado kemijskih reakcij v celici;
 - odpiranje (ali zapiranje ionskih kanalčkov);
 - spremenbe v prehajanju ionov skozi plazma membrano;
 - nastanek akcijskega potenciala.**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

1.1 Dražljaji:

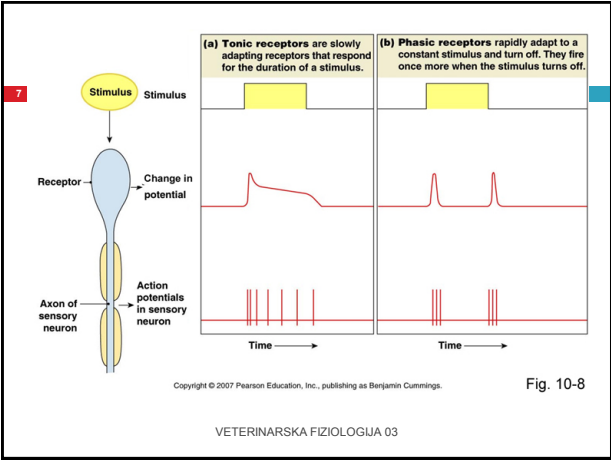
- dosegajo telo kot različne oblike energije;
 - glede na učinek:
 - adekvatni** (specifični, ustrezni):
 - oblika E, na katero je receptor najbolj občutljiv;
 - sproži ustrezne zaznave v čutilu oz. njegovem centru;
 - neadekvatni** (nespecifični, neustrezni):
 - ne sproži ustrezne zaznave v čutilu oz. centru;
 - če so zadosti močni, lahko sprožijo zaznavo, npr.:
 - mehanični dražljaji retine (udarec po očesu),
 - električno draženje čutil ali senzoričnih živcev).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

1.2 Adaptacija receptorjev:

- po dolgotrajnejšem draženju:
 - receptorji prenehajo pošiljati signale;
 - obnašajo se kot nevzdraženi receptorji (padec membranskega potenciala);
 - glede na reagiranje receptorjev na kontinuirano draženje:
 - tonični receptorji** – prenašajo dražljaje v CNS, dokler je dražljaj prisoten (parametri, ki jih je treba nadzorovati stalno);
 - fazni receptorji** – prenehajo reagirati, ko dražljaj doseže neko stalno intenzivnost (parametri, ki niso nevarni za homeostazo).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03



8

Načini adaptacije receptorjev:

- sprememba mehanskih lastnosti receptorja ali akcesornih struktur – filtrirajnje stalnih dražljajev;
- pomanjkanje določenih molekul, ki sodelujejo pri nastanku akcijskega potenciala;
- inaktivacija encimske kaskade v receptorski celici (npr. kopičenje stranskih produktov);
- spremembe električnih lastnosti receptorske celice;
- neobčutljivost celične membrane za stalne dražljaje;
- adaptacija na višjih ravneh CNS.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

9

1.3 Potenciali v receptorjih

- **receptorski potencial** – sprememba membranskega potenciala v receptorski (čutni) celici, ki nastane po draženju;
- **generatorski potencial** – potencial, ki je dovolj močan, da sproži akcijski potencial;
- **akcijski potencial** – potencial, ki se odvaaja po živcih v čutne centre v CNS.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

10

1.4 Razdelitev receptorjev

A) glede na zgradbo:

- živčni končiči:
 - kožni receptorji,
 - Golgijev kitni aparat,
- posebno oblikovana telesa:
 - telesa za tip v koži,
 - mišično vreteno.
- receptorne celice (čutnice):
 - vonjalne,
 - okušalne,
 - vidne,
 - slušne,
 - ravnotežne;

Generator Potential

Receptor Potential

Free nerve endings

Nerve ending

Unmyelinated axon

Cell body

Myelinated axon

Synapse

Sensory afferent

Cell body

Cell body

Fig. 10-1

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

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

11

B) glede na sprejemanje dražljajev:

- **endoreceptorji** ali **proprioceptorji**:
 - zaznavajo stanje v telesu;
 - nahajajo se v notranjih organih, kitah, mišicah, sklepnih ovojnicah;
- **eksteroreceptorji**:
 - sprejemajo dražljaje iz zunanosti telesa (toplota, tip, dotik, okus, vonj)
- **telereceptorji**:
 - sprejemajo dražljaje iz področij, ki so od telesa oddaljena (sluh, vid)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

12

C) glede na vrsto zaznave:

- **somatosenzorni receptorji** (znotraj telesa):
 - kožna občutljivost,
 - globoka občutljivost,
 - visceralna občutljivost,
- **specialni receptorji (čutila)**:
 - čutilo okusa,
 - čutilo vonja,
 - čutilo sluha,
 - čutilo ravnotežja,
 - čutilo vida.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

D) glede na način vzdraženja:

13

- nekateri receptorji niso sestavni del NS, so pa del čutil (npr. okušalne brbončice – epiteljske celice);
- **Mehanoreceptorji** - različni tipi mehanske E:
 - ▣ presoreceptorji ali baroreceptorji v karotidnem sinusu in loku aorte,
 - ▣ receptorji občutljivi na raztezanje v pljučih,
 - ▣ mišično vreteno in Golgijev tetivni aparat,
 - ▣ receptorji za dotik in pritisk v koži;
 - ▣ fonoreceptorji;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

14

- **Fotoreceptorji** - svetlobna E (fotoni):
 - ▣ palčke in čepki v mrežnici;
- **Kemoreceptorji** - kemične snovi (vezava na receptor):
 - ▣ **vonjalni** ali **olfaktorni** receptorji v nosni sluznici,
 - ▣ **gustativni** ali **okušalni** receptorji na jeziku,
 - ▣ **kemoreceptorji** v karotidnem sinusu in loku aorte ter v hipotalamusu)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

15

- **Ozmoreceptorji** - spremembe ozmotskega tlaka krvne plazme:
 - ▣ v hipotalamusu;
- **Termoreceptorji** - spremembe temperature;
- **Nocioceptorji** – bolečina:
 - ▣ živčni končiči senzoričnih vlaken v koži.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

16

VF03-02 SOMATOSENZORNI RECEPTORJI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

2.1 KOŽNI RECEPTORJI

17

- nahajajo se na površini telesa;
- glede na način vzdraženja:
 - ▣ mehanoreceptorji,
 - ▣ termoreceptorji,
 - ▣ nocioreceptorji

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

A) Taktilni receptorji

18

- zaznajo dotik in pritisk na kožo.
- v vseh delih kože (največ – ustnice, nozdrvi, rilec, prsti);
- delovanje:
 - ▣ dražljaji povzročajo odpiranje ionskih kanalčkov;
 - ▣ močnejši kot je dražljaj, večja je frekvenca AP

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Tipi taktilnih receptorjev v koži:

19

Free nerve ending of hair root

Hair root

Merkel cells and Merkel's discs

Meissner's corpuscle

Free nerve ending

Hair root

Pacinian corpuscle

Ruffini corpuscle

Sensory nerves

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Tipi taktilnih receptorjev:

20

RECEPTOR	DRAŽLJAJ	LOKACIJA	ZGRADBA	ADAPTACIJA
Prosti živčni končiči	dotik, pritisk	dlač.korenine, P kože	Nemielinizirani živčni končiči	različna
Meissnerjeva telesca	vibracija	P kože	inkapsulirana v vezivnem tkivu	hitra
Pacinianova telesca	vibracija	globlje plasti kože	inkapsulirana v vezivnem tkivu	hitra
Ruffinijeva telesca	stalen pritisk na kožo	globlje plasti kože	povečani živčni končiči	počasna
Merkelovi receptorji	stalen pritisk na kožo	P kože	povečani živčni končiči	počasna

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

B) Termoreceptorji

21

- tanki mielizirani prosti živčni končiči, ki se končujejo v podkožju;
 - za toploto ($1,5 / \text{cm}^2$) > telesno T° (36-43 $^{\circ}\text{C}$),
 - za mraz ($13 / \text{cm}^2$) < telesno T° (20-36 $^{\circ}\text{C}$),
- največ - na prehodu kože v sluznico (okolica telesnih odprtin);
- reagirajo tudi na spremembe v temperaturi;
- pomembna funkcija – termoregulacija.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Vzdraženje termoreceptorjev pod vplivom različnih temperatur

22

Freezing cold Cold Cool Indifferent Warm Hot Burning hot

Impulses per second

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

— Cold-pain
— Cold-receptors
- - Warmth receptors
- - Heat-pain

© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

C) Receptorji za bolečino

23

- bolečina**: zaščitni mehanizem, s katerim se organizem izogiba večjim poškodbam tkiva;
 - pogost spremljevalec različnih bolezenskih stanj v telesu;
- nocioreceptorji (nocioceptorji)** – receptorji za bolečino:
 - na P kože,
 - tudi v periostu, stenah arterij, sklepnih površinah in ovojnicah.
- aktivirajo jih močni dražljaji ki povzročajo poškodbe tkiv (ali bi jih lahko povzročili);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Razdelitev receptorjev za bolečino:

24

- neposredno vzdraženje:
 - mehanosenzitivni** – vzdraženje z močnimi mehaničnimi dražljaji;
 - termosenzitivni** – visoke ali nizke temperature;
- posredno vzdraženje:
 - kemosenzitivni** – kemične snovi, nastale pri poškodbi (histamin, bradikinin, serotonin, prostaglandini);
 - delovanje:
 - poškodujejo živčne končiče, ali
 - jih vzdražijo zaradi vezave na njihova receptorska mesta
- Večina receptorjev za bolečino je vdražljiva z več dražljaji!**

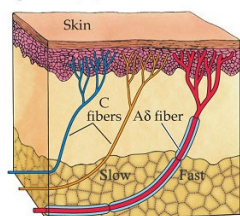
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Prenos dražljajev:

25

- 2 tipa primarnih senzornih vlaken:

- A-δ (mala mielinizirana vlakna) – hitra bolečina (ostra, lokalizirana);
- C (mala nemielizirana vlakna) – počasna bolečina (topa, difuzna).

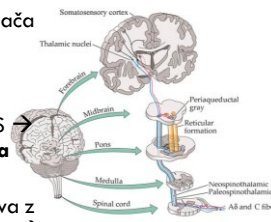


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Nivoji zaznavanja/reakcije na bolečino:

26

- signal za bolečino → hrbtenjača → prenos skozi sinapso → **refleksni odgovor**
- prenos po kratkih in dolgih interneuronih → višji deli CZS → **občutek bolečine (psihogena reakcija)**;
- center za bolečino – povezava z limbičnim sistemom, talamusom → **strah, slabost, bruhanje, znojenje**.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Klasifikacija bolečine:

27

- glede na nastanek in občutje:
 - visceralna,
 - somatska,
- glede na zaznavanje:
 - hitra,
 - počasna.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Somatska bolečina

28

- zaznava znotraj 0,1 s po dražljaju (= hitra bolečina);
- izvor: zunanjih delih telesa
 - koža, mišice, okončine, sluznice - mehanske poškodbe, opekline, draženja z električnim tokom;
 - ostra, zbadajoča, akutna;
- posledica draženja živčnih končičev Aδ,
 - hitrost prevajanja 6–30 m/s;
- signal za bolečino: v hrbtenjačo skozi dorzalni rog.
- tu lahko s prenosom skozi sinapso izzove:
 - refleksni odgovor za odmik od vzroka bolečine ali
 - se prenese naprej (višja področja možganov)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Visceralna bolečina

29

- izvor v notranjih organih (= počasna bolečina):
 - občutek narašča nekaj sekund ali celo minut;
 - žgoča, topa, kronična, stalna
- visceralni nociceptorji – v seroznih prevlekah notranjih organov (živčna vlakna tipa C);
- vzroki:
 - poškodbe tkiv v notranjosti telesa;
 - raztezanje nociceptorjev (prebavila, mokrila);
 - kemično draženje nociceptorjev;
 - če zajame večja področja telesa, se sumira in postane nevzdržna;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

30

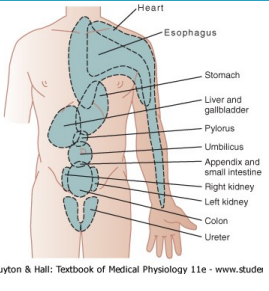
- poškodbe majhnih področij notranjih organov (kirurško rezanje črevesja) ne izzovejo bolečine, ker se tam ne nahajajo nociceptorji.
- pot po hrbtenjači in projekcija v CZS sta podobni kot pri somatski bolečini.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Širjenje (iradiacija, izžarevanje) bolečine:

31

- zaznavanje bolečine, ki nastane v notranjih organih, na P telesa:
 - senzorna visceralna vlakna, ki vstopajo v segmente hrtenjače: lahko kolateralna sinaptična povezava z drugimi nevroni (križanje senzitivnih poti) →;
 - signali bolečine iz visceralnega organa → po poteh senzitivnih vlaken iz kože;
- nastane občutek bolečine v koži in ne v notranjem organu.



© Elsevier, Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studie

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Protibolečinski (analgetski) procesi v telesu:

32

- percepcijo bolečine modilirajo številni procesi v NS
- prisotnost in delovanje zaviralnih (inhibitornih) inernevronov - zavirajo prenos signala v CNS (talamus);
- endogeni opiat** - analgetski učinek pri prenosu signala za bolečino skozi sinapso:
 - enkefalini,
 - endorfini (α , β , γ),
 - dinorfin

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

2.2 RECEPTORJI GLOBOKE OBČUTLJIVOSTI (PROPRIOCEPTORJI)

33

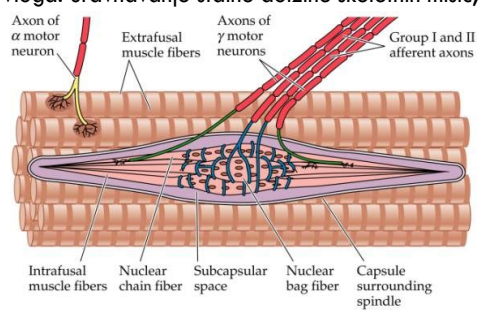
- propriocepcija**: mehanizem, s katerim organizem zaznava moč mišičnih krčenj, pozicijo in gibanje telesa;
- proprioceptorji so:
- mišično vreteno** (→ VF02-04):
 - spremenjena mišična vlakna, ki so izgubila sposobnost krčenja in so postala specializirane čutne celice;
 - občutljive na raztezanje mišic
- Golgijev tetivni aparat**:
 - razvejan sistem vlaken, ki se nahaja v kitah;
 - vzdraženje nastane pri raztezanju kite ob krčenju
- živčna vlakna v sklepni ovojnici**:
 - občutljiva na spremembe napetosti ovojnic (pri napenjanju in raztezanju - hoja ali mirovanje).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

A) Mišično vreteno (→VF02-04)

34

- vloga**: uravnavanje stalne dolžine skeletnih mišic;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

35

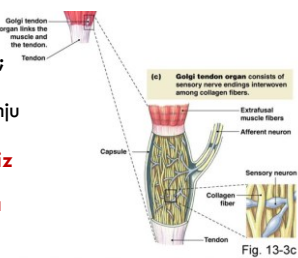
- lokacija: v skeletni mišici, med krčljivimi mišičnimi vlakni = **ekstrafuzalna mišična vlakna** (oživčujejo jih motorični nevroni α);
- intrafuzalna mišična vlakna** - mišična vlakna znotraj mišičnega vretena /lat. fusus/;
 - vrečasta in vrvičasta mišična vlakna (dolžina 3–10 mm);
 - senzorična živčna vlakna:
 - zaznavajo vzdolžno raztezanje intrafuzalnih mišičnih vlaken
 - izhajajo iz srednjega dela vretena
 - motorična živčna vlakna: eferentni motorični nevroni γ ,
 - omogočajo spreminjanje dolžine in občutljivosti na raztezanje → vloga pri refleksu raztezanja,

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

B) Golgijev tetivni aparat

36

- razvejan sistem vlaken - v kitah;
- vsak sistem povezan s ~10–15 mišičnimi vlakni;
- vzdraženje - pri raztezanju kite (ob krčenju mišice);
- kombinacija podatkov iz mišičnih vreten in tetivnih aparatov: ureja stanje napetosti ali sproščenosti mišic**



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

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

37

2.3 VISCERALNI RECEPTORJI

- živčni končiči v steni (serozni plasti) notranjih organov:
 - ▣ sečni in žolčni mehur, uretra,
 - ▣ trebušnica, porebrnica in popljučnica,
 - ▣ perikard,
 - ▣ možganske opne itd.)
- vzdražijo se pri močnih krčenjih mišic notranjih organov;
- posredujejo CNS podatke o napolnjenosti prebavil.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

38

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

39

VF03-03
KEMORECEPTORJI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

40

- kemorepcija: prisotna v celotnem živalskem svetu (bakterije, protozoi);
- glavne naloge kemorepcije – določitev:
 - ▣ izvora hrane,
 - ▣ položaja sovražnika in
 - ▣ spolnega partnerja
- domače živalih in človek:
 - ▣ zaznava okusa - kemične snovi, ki pridejo v ustno votlino,
 - ▣ zaznava vonja - kemične snovi v vdihnem zraku;
 - ▣ (pogosto - kombinacija istočasnega draženja okušalnih in vonjalnih receptorjev).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

41

1 ČUTILO ZA VONJ

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

42

1.1 Funkcije čutila za vonj:

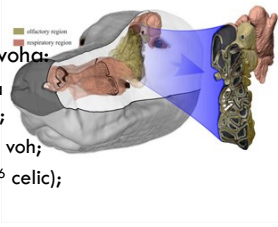
- vonjave so prisote v okolju še dolgo po tem ,ko izvor vonja izgine;
- vonjave se običajno interpretirajo skupaj s signali, ki jih organizem prejme z drugimi čutili:
 - ▣ prijetni vonji – refleksno izločanje sline in želodčnega soka,
 - ▣ neprijetni vonji – znak za potencialno škodljivo / pokvarjeno hrano,
 - ▣ telesni vonji – sporazumevanje, socialne interakcije, reprodukcija;
 - feromoni!

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

1.2 Olfaktorna sluznica

43

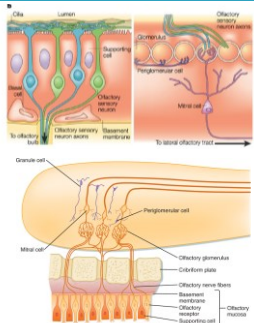
- = **nevroepitelij**;
- v sluznici nosnih školjk;
- P – odvisna od razvitosti voha:
 - posamezne celice – enaka občutljivost pri vseh vrstah;
 - večje število celic → boljši voh;
 - pes: ~150 cm² (250 x 10⁶ celic);
 - človek: 5 cm²



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

44

- olfaktorne receptorne celice – bipolarni nevroni;
 - dendriti – dlačice (prekrite s sluzjo) → receptorji za vezavo molekul vonjav;
- aksoni → v **olfaktorni betič**;
- sekundarni senzorni nevroni (mitralne celice) → olfaktorni trakt → v primarno olfaktorno skorjo (obdelava dražljaja);



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

45

- prenos tudi do hipotalamusa, limbičnega sistema in retikularne formacije → povezava med vonjem, spominom in čustvi;
- olfaktorno področje možganske skorje (*rhinencephalon*) večine sesalcev zelo obsežno → pomen voha izjemno velik!!
 - makrozmat**i (vse domače živali): zelo pomembno čutilo pri iskanju hrane in pri reprodukciji;
 - mikrozmat**i (človek in nekateri primati, večina ptic (izjema – golob, kivi!)): rhinencephalon slabo razvit → voh pomožno čutilo ;
 - anazmat**i (vodni sesalci): nimajo razvitega čutila za vonj /tekom evolucije zakrnelo;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

1.3 Delovanje čutila za vonj

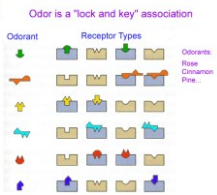
46

- občutek vonja – po stiku vodotopnih / plinastih snovi z receptorji na membrani čutnic v vonjalni (olfaktorni) sluznici;
- vonjave snovi ($M_r = 15 - 300$):
 - vstopajo v področje vohalne sluznice po dihalnih poteh ali
 - skozi hoane iz žrela.
- za izpolnjevanje vonjalnega učinka se morajo snovi raztapljati v vodi in v lipidih;
 - prag zaznave: $4 \times 10^{-15} \text{g}$ (metilmerkaptan);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

47

- identifikacija vonjave – odvisna od receptorjev, ki se vzdražijo:
- ogromno število vonjev → ne obstajajo posebne čutnice za vsak vonj;
- občutek določenega vonja – kombinacija vzdraženja različnih receptorskih celic;
- človek ~400 različnih tipov receptorskih celic;

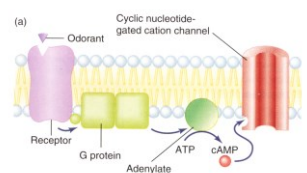


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Delovanje vonjalnih čutnic:

48

- vezava molekul na receptorje v membrani receptorne celice / čutnice → aktivacija proteina G → dvig cAMP v celici
- odpiranje od cAMP odvisnih kanalčkov
- vdor kationov v celico (Ca^{2+} ali Na^{+}) → depolarizacija receptorne celice → depolarizacija aksona → AP v olfaktornem nevronu



VETER

Vonjanje pri psih

49

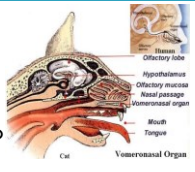
- vonjanje na daljavo (vonj prinaša veter)
- sledenje krvi ali izločkov (vonjanje značilnih kemičnih sestavin krvi ali telesnih izločkov)
- vonjanje poškodbe tal (pri hoji po zemlji, travi, itd. poškoduje človek ali žival tla zaradi tlačenje in drobljenja rastlin, in majhnih organizmov, vonj "poškodovanih tal" in značilni osebni vonj omogočajo zaznavanje sledi)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

2 VOMERONAZALNI ORGAN

50

- dodatna olfaktorna struktura pri kopenskih živali;
 - ni razvit pri pticah, kitih in
 - nekaterih primatih (človek?);
- odpira se v kanal med ustno in nosno votlino;
- senzorne celice – podobne kot v olfaktorni sluznici; zaznava:
 - plinov v zraku;
 - v vodi topnih arom hrane (iz ust);
 - snovi v urinu, vaginalni sluzi (lizanje);

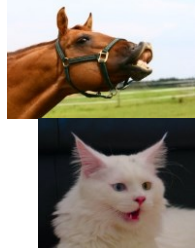


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Funkcija vomeronazalnega organa:

51

- vklučen v vedenjske odgovore na **feromone**;
 - signalne molekule, živali uporabljajo za medsebojno komuniciranje;
- pomembna vloga pri reprodukciji:
 - seksualno obnašanje,
 - vpliv na izločanje spolnih hormonov: stimulacija → ↑ GnRH → ↑ FSH + ↑ LH → stimulacija mod / jajčnikov
 - kopitarji, mačke, glodalci: *flehmen* (vsesavanja tekočine v vomeronazalni organ)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

2 ČUTILO ZA OKUS

52

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

53

- funkcije okusa:
 - razlikovanje koristnih in škodljivih snovi;
 - zaznavanje določenih snovi v hrani;
 - čutilo za okus – tesno povezano z vohom;
- kemoreceptorji – okušalni popki v ustni votlini:
 - površina jezika,
 - mehko nebo, žrelo, grlo;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Zgradba in delovanje čutila za okus

54

(a) Taste buds are located on the dorsal surface of the tongue. The sensory receptors (not shown) are in the back of the pharynx.

(b) A light micrograph of a taste bud. Each taste bud is composed of taste cells and support cells, joined near the apical surface with tight junctions.

(c) Taste ligands bind to receptors and create Ca^{2+} signals that release neurotransmitters onto primary sensory neurons.

(d) Signal transduction: Taste ligand binds to a taste cell, creating a Ca^{2+} signal. This signal triggers the release of neurotransmitters from the taste cell onto a primary sensory neuron. The neuron then generates an action potential.

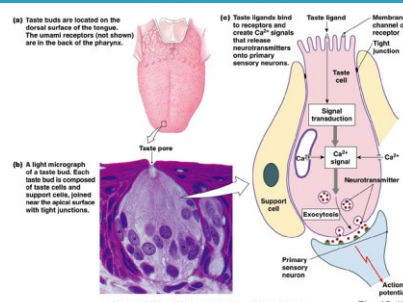


Fig. 10-15

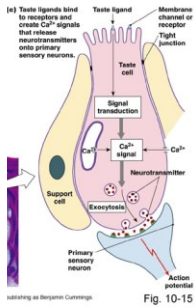
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

- 55
- za zaznavo okusa snov mora biti topna v vodi (slina, sluz);
 - okus – kombinacija vzdraženja 5 različnih tipov receptorjev:
 - kislo → H^+ ;
 - slano → Na^+ , Ca^{2+} , K^+ ...
 - ioni, katerih koncentracija se v telesu natančno uravnava;
 - sladko → organske molekule (OH, AK);
 - umami → glutamat, nekateri nukleotidi;
 - povezava zokusno hrano;
 - grenko → organske molekule (alkaloidi);
 - potencialno nevarna (strupena) hrana;

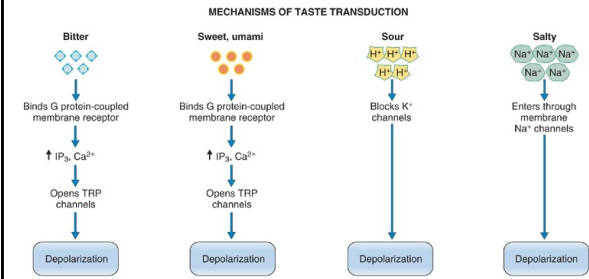
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Aktivacija receptorja za okus:

- 56
- posledica vezave določene molekule na receptorje čutnih celic:
 - različni tipi za različne okuse
 - aktivacija receptorja → spremembe v celici, ki vodijo do odpiranja Ca^{2+} kanalčkov → vdor Ca^{2+} → sproščanje nevrottransmiterjev iz celice (na bazalni strani) → AP v **primarnem senzornem** (gustatornem) nevronu;
 - po VII, IX, X možganskem živcu → prenos skozi podaljšano hrbtenjačo in talamus do senzorne skorje;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03



Costanzo: Physiology, 4th Edition.
Copyright © 2010 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

59

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

60

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

61

VF03-04

ČUTILO ZA SLUH IN RAVNOTEŽJE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

62

1 FUNKCIONALNA ZGRADBA ČUTILO ZA SLUH IN RAVNOTEŽJE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

63

uho – čutilo, specializirano za dve različni funkciji:

sluh in

ravnotežje;

zgradba:

zunanje uho

srednje uho

notranje uho:

polž (cochlea) → SLUH

vestibularni organ → RAVNOTEŽJE



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

64

1.1 Zunanje uho:

uhelj:

oblikovan kot troblja;

ob pomoči mišic živali lahko lovijo zvočne valove;

usmerja zvočne valove v sluhovod.

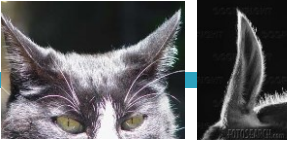
sluhovod:

cev, po kateri zvočni valovi prihajajo do bobniča;

stena elastična → resonančna frekvenca do ~6000 Hz;

frekvence, ki so blizu resonančni frekvenci, pridejo do srednjega ušesa manj oslabiljene kakor višje ali nižje;

občutljivost organa za sluh – odvisna od fizikalnih lastnosti sluhovoda!



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

65

1.2 Srednje uho

bobnič (timpanična membrana):

elastična opna, ki zapira sluhovod;

zvočni valovi → vibracije bobniča → vibracije slušnih koščic;

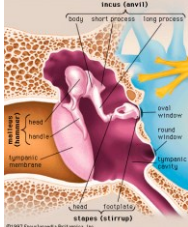
slušne koščice:

čvrsto zraščene (delujejo kot vzvod) → prenos vibracij do ovalnega okenca (+ ojačanje);

zračna votlina:

skozi Evstahijevo cevko → žrelo → izenačevanje tlaka z atmosferskim;

običajno zaprta; odpre se med žvečenjem, požiranjem ali zehanjem.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

66

1.3 Notranje uho

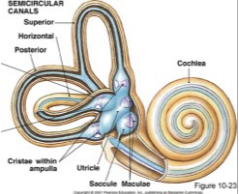
polž (cochlea) → SLUH;

koščeni polž - polžasto zaviti labirint v senčnici;

membranski (kožni) polž - znotraj koščenega polža, na katerega se prilega;

vestibularni organ → RAVNOTEŽJE;

3 polkrožni kanali (v 3 ravninah)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

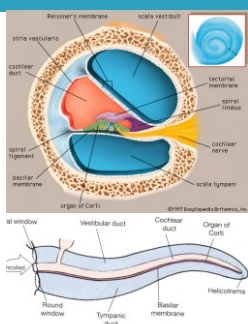
75

Študijsko gradivo

Zgradba membranskega polža:

67

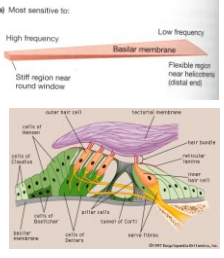
- bazilarna in Reissnerjeva membrana po celotni dolžini delita na:
 - zgornji - vestibularni kanal,
 - spodnji - timpanični kanal;
 - povezana z helikotremo;
 - napolnjena s perilimfo;
 - vmes: kohlearni kanal;
 - napolnjen z endolimfo;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

68

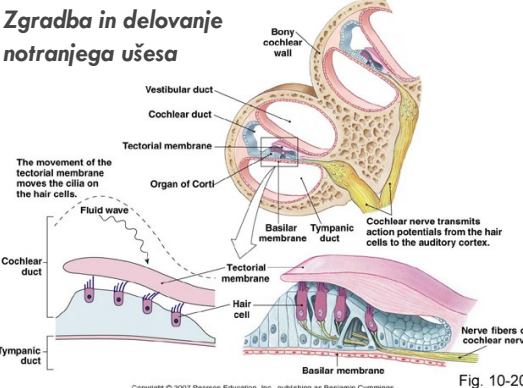
- Bazilarna membrana:**
 - iz vlaken različnih dolžin, premerov, elastičnosti in napetosti;
 - blizu ovalnega okenca: krajša, debelejša, toga → nihajo z večjo frekvenco in manjšo amplitudo,
 - blizu helikotrema: tanjša, daljša, prožna → nihajo z manjšo frekvenco in večjo amplitudo;
- Cortijev organ:**
 - celice z različno dolgimi stereociliji → v želatinozno maso krovne membrane;
- vmes - stebrički opornega tkiva.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

69

Zgradba in delovanje notranjega ušesa



The movement of the tectorial membrane moves the cilia on the hair cells.

Cochlear nerve transmits action potentials from the hair cells to the auditory cortex.

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

Fig. 10-20

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

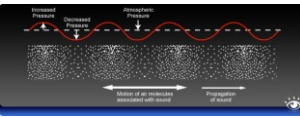
70

2 DELOVANJE ČUTILA ZA SLUH

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

71

- Sluh** – naša percepcija energije, ki jo prenašajo zvočni valovi.
- Zvočni valovi** – longitudinalno valovanje, ki se kot spremembe tlaka (kompresije in ekspanzije) širijo po prostoru (zraku, vodi ali drugem sredstvu).
- Zvok** – interpretacija amplitude, frekvence in trajanja zvočnih valov.
 - Hitrost zvoka:
 - v zraku 344 m/s
 - v vodi 1470 m/s

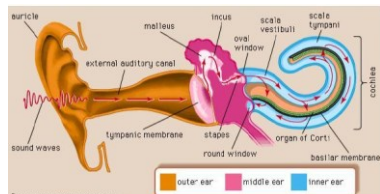


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

72

2.1 Zaznava zvoka:

- zvočni valovi → sluhovod → nihanje bobniča → slušne koščice → ovalno okence → vibracije perilimfe v vestibularnem kanalu → vibracije endolimfe v kohlearnem kanalu → nihanje bazilarne membrane (zaradi značilne zgradbe - vsak del niha z njemu lastno frekvenco: ;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

73

-
- Figure 10 illustrates the proposed mechanism of the hair cell's primary sensory neuron. The diagram shows a hair cell with a stereocilium and a primary sensory neuron. The hair cell is divided into three regions: "Some channels open", "More channels open - entry repolarizes cell", and "Channels closed: Less K⁺ ion entry hyper-polarizes cell". The primary sensory neuron is shown with its membrane potential (mV) and action potentials. The diagram includes a timeline with labels: "Exchange force opens ion channels", "Release of force", and "Release of force". The primary sensory neuron's membrane potential is shown as a step function, and its action potentials are shown as a series of spikes. The diagram is labeled "Fig 10" and includes a copyright notice: "Copyright © 2007 Thomson Education, Inc. All rights are Reserved by Thomson Education".

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

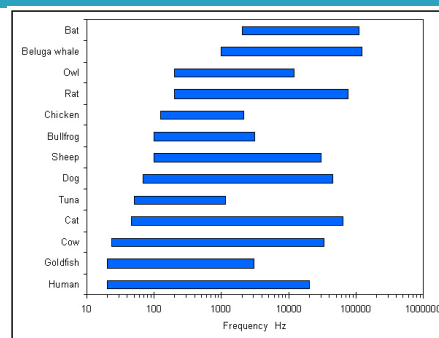
74

- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

75

-

76



77

- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Threshold of pain

140

130

120

110

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

dB

Threshold of Hearing

Rock Concert

Plane takeoff

Thunder Storm

Underground Train

Large Truck

Factory Noise

Classroom Noise

Library

Rustling Leaves

Whisper

m.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

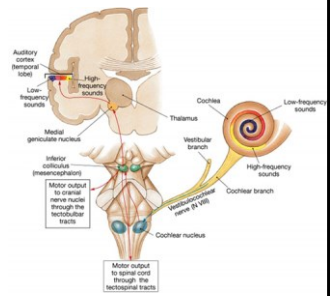
2.4 Zaznavanje smeri zvoka

- 79
- časovna razlika:
 - zvok iz čelne smeri: valovi istočasno vstopijo v oba sluhovoda,
 - zvok s strani: valovi vstopijo v en sluhovod prej kot v drugega;
 - jakostna razlika:
 - pri vstopu zvočnih valov v levo / desno uho;
 - deluje najbolje pri visokih frekvencah, kjer deluje glava kot zapora za zvok.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

2.5 Prenos zaznave zvoka in slušni center:

- 80
- živci iz Cortijevega organa → prenos dražljajev po kontra- in ipsolateralni poti skozi prevodne poti in jedra do slušne skorje (primarna in sekundarna) → **vsaka polovica možganov dobi informacijo iz obeh ušes.**
 - v slušni skorji se oblikuje zaznava in analiza zvoka glede na višino, jakost barvo.



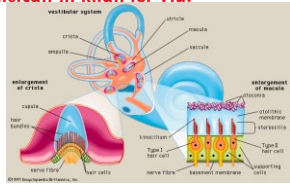
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

3 ORGAN ZA RAVNOTEŽJE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

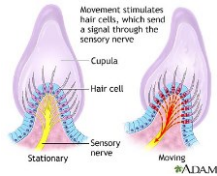
Vestibularni sistem:

- 82
- bilateralni sistem receptorjev, ki daje podatke o položaju in gibanju glave;
 - znotraj kostnega labirinta = kožni (membranasti) labirint;
 - omogoča analizo položaja telesa v prostoru (in koordinacijo gibanja);
 - pri vzdrževanju ravnotežja pomembne tudi informacije o stanju v mišicah in kitah ter vid.**

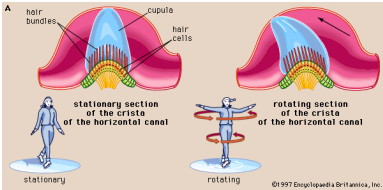


3.1 Zaznavanje pospeška in vodoravnih premikov glave

- 83
- polkrožni kanali (v 3 ravninah) - na obeh straneh glave v isti ravnini, delujejo v paru;
 - informirajo možgane o smeri in načinu gibanja glave:
 - polkrožni kanali:
 - v ampulah specializirane epitelne celice;
 - na P lasasti podoljški (konicilije);
 - združeni v želatinozni masi, pritrjeni na svod ampule (kupola)
 - na bazi – oživčene z živcem → AP v možgansko deblo.



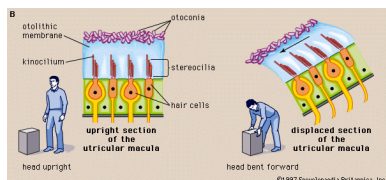
- 84
- ko se glava obrne, se polkrožni kanali obračajo z njo, endolimfa pa zaradi inercije zaostaja → premiki želatinozne mase v ampuli → spremembe membranskega potenciala v čutilnih → AP;
 - živci, ki oživčujejo vestibularne celice:
 - v mirovanju - pošiljajo spontane AP (100/s);
 - če se koniciliji premaknejo v eno stran → depolarizacija → število AP ↑;
 - če se koniciliji premaknejo v drugo stran → hiperpolarizacija → število AP ↓;



3.2 Zaznavanje sprememb položaja glave

85

- v sakulusu in utrikulusu: v želatinozni masi (**makula**) – kristački kalcijevega karbonata **otoliti (otokoniji)**;
- ko se glava premakne (npr. skloni), zaradi gravitacije pride do drsenja otolitov → premikanje dlačic → nastanek AP.



3.3 Prenos dražljajev v CNS

86

- dražljaji iz celic vestibularnega aparata → senzorni nevroni vestibularnega živca:
 - sinapse z vestibularnimi jedri podaljšane hrbtenjače ali
 - potekajo (brez vmesnih sinaps) **v male možgane**;
 - kolateralna pot: iz medule v male možgane
 - čeprav obstajajo povezave med skorjo velikih možganov in malimi možgani, pa imajo ti pri uravnavanju ravnotežja najpomembnejšo vlogo;
- poškodbe vestibularnega aparata:
 - motnje v držanju glave,
 - gibanje v krogu ali valjanje in
 - nistagmus (navpično, vodoravno ali krožno gibanje očesnih zrklov).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

87

4 SLUŠNI SISTEM PRI PTICAH

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

88

□ Zunanje uho:

- namesto uhlja ima večina ptic posebno oblikovana peresa:
- preprečujejo turbulence,
- pri nekaterih (sovah) odbijajo ali ojačajo zvok



□ Sluhovod:

- običajno kratek,
- na koncu membrana/bobnič, ki je nekoliko stožčasto izbočena v sluhovod

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Srednje uho

89

- slušna koščica (*columella*) je samo ena,
- votlini srednjih ušes - povezani z zračnimi vrečkami in med seboj (morebitni pomen pri lokalizaciji zvoka!)
- v posamezni votlini srednjega ušesa - paratimpanični organ:
 - področje z dlakastimi celicami,
 - njegova vloga neznana (morda - pri zaznavi zračnega tlaka).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Notranje uho

90

- kohlearni organ
 - ni polžasto zavrt, pač pa le nekoliko ukrivljen;
 - ovalno in okroglo okence kot pri sesalcih
- vestibularni organ

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

91

VF03-05
ČUTILO VIDA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

OKO:

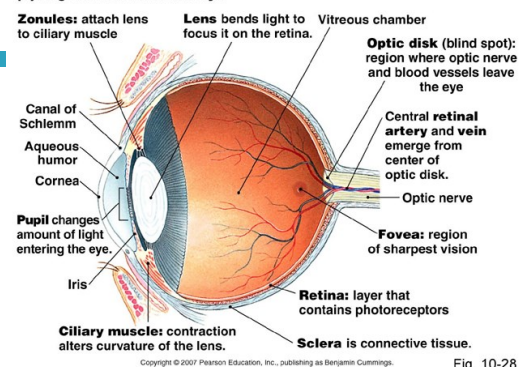
92

- zapleteno sestavljen foreceptorni organ,
- zgradba – prilagojena zaznavanju svetlobe:
 - ▣ številne strukture – prozorne → svetlobni žarki lahko dosežejo receptorje.
- Deli očesa (glede na vloge):
 - ▣ gradbeni,
 - ▣ optični sistem,
 - ▣ receptorski sistem,
 - ▣ sistem pomožnih organov.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

(a) Sagittal section of the eye

93



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

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

1 GRADBENI DELI OČESA

94

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

95

- zunanja ovojnica - **beločnica**,
 - ▣ bele barve (odbija svetlobo, ki pade na oko);
 - ▣ na sprednjem delu - prozorna **roženica (cornea)**;
- notranja ovojnica - **žilnica**;
 - ▣ na sprednjem delu – prehaja v **šarenico**;
- vloga:
 - ▣ dajeta očesu značilno obliko,
 - ▣ zagotavljata trdnost,
 - ▣ omogočata pritrditev in delovanje optičnega dela očesa,
 - ▣ žilnica - prehranjevanje očesa;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

2 OPTIČNI SISTEM OČESA

96

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

97

- po zakonih optike prepušča svetlobo;
- sestavljajo ga:
 - ▣ roženica (cornea)
 - ▣ šarenica z zenico
 - ▣ očesna vodica (humor aqueous)
 - ▣ leča (lens cristalina)
 - ▣ steklovina (corpus vitreum)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

2.1 Elementi optičnega sistema očesa

98

A) Roženica (cornea):

- prozorna epitelna plast → omogoča prehod svetlobe;
- v njej – kolagena vlakna, ni žil.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

B) Očesna vodica (humor aqueus)

99

- v sprednji in zadnji očesni sobici;
- funkcije:
 - ▣ prehrana leče in šarenice,
 - ▣ odstranjevanje odpadnih produktov metabolizma,
 - ▣ zapolnjevanje prostora in vzdrževanje konstantnih razdalj med deli optičnega sistema;
- se resorbira skozi **Schlemove kanale** (v kotu med roženico in šarenico) → v vensko kri;
 - ▣ zmanjšana ali preneha → očesni tlak naraste → **glavkom (= zelena mrena)**.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

C) Šarenica (iris):

100

- pigmentirana struktura z odprtino v sredini (= **zenica (pupilla)**);
- sestavljena iz gladke prečne in krožne mišičnine;
- vsebuje barvilo **melanin**:
 - ▣ pri večini živali temno rjave barve,
 - ▣ pri ljudeh, nekaterih pasmah psov in mačk modra,
 - ▣ pri večini drugih pasem mačk zelenkasta.
- albinizem (osebki s pomanjkanjem pigmenta):
 - ▣ prosevanje žilic v šarenici → rdeče oči;
 - pri številnih živalskih vrstah in ljudeh;





VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

101



- vloga šarenice: spreminja premer zenice → uravnava količino svetlobe, ki vstopi v oko
 - ▣ krčenje prečne (radialne m.) → širjenje zenice = **midriaza** (simpatikus!)
 - ▣ krčenje krožne m. → ožene zenice = **mioza** (parasimpatikus!)
- oblika zenične odprtine pri živalih – različna:
 - ▣ razširjena: pri večini živali okrogla,
 - tudi nekatere druge oblike.
 - ▣ zožena: navpična ali vodoravna špranje.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

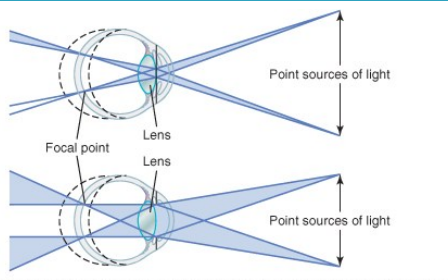
Pupilarni refleksi:

102

- refleksno uravnavanje premera zenice, odvisno od intenzivnosti svetlobe, ki pade na mrežnico:
 - ▣ adaptacija na osvetlitev → uravnavanje količine svetlobe, ki pade na mrežnico;
 - ▣ vloga pri akomodaciji očesa (pri večini živali, razen pri psu!):
 - pri gledanju na blizu se zoži,
 - pri gledanju na daljavo razširi;
- pod normalnimi pogoji – svetloba, ki vstopi v eno oko, povzroči krčenje obeh zenic (= **konsenzualni odgovor**);
 - ▣ **Klinični pomen: preizkušanje senzorne in motorne funkcije očesa!!!**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

103



Point sources of light

Focal point

Lens

Lens

Point sources of light

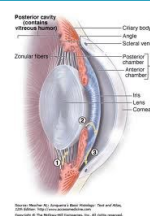
© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

D) Leča (Lens cristalina):

104

- prozorna, bikonvexna struktura za šarenico;
- z nosilnimi vezmi pritrjena na **ciliarno telesce (corpus ciliare)** → omogoča spreminjanje oblike = **akomodacija**;
- sprednja površina manj ukrivljena kakor zadnja;
- če jo vzamemo iz očesa → okrogla (zaradi elastične kapsule).
- **funkcija – lom svetlobe, ki se fokusira na mrežnico:**
 - spreminjanje oblike → spreminjanje žariščne razdalje očesa → fokusiranje objektov na različnih razdaljah → izostritev slike na mrežnici



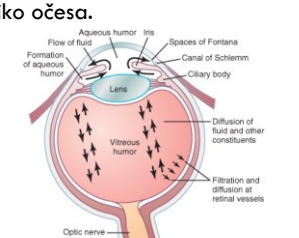
© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

E) Steklovina (corpus vitreum):

105

- prozorna, želatinozna snov za lečo;
- izpolnjuje večino notranjosti očesa;
- vzdržuje obliko očesa.



© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

2.2 Prehajanje svetlobe skozi optični sistem očesa:

106

- Preden svetloba pride do mrežnice, jo oko modificira na 2 načina:
 - spreminjanje velikosti pupile → spreminjanje količine svetlobe;
 - fokusiranje - pri prehodu skozi lečo;
- Optični sistem v očesu - **bikonvexna leča:**
 - žarek svetlobe se za lečo združi v **gorišče**,
 - razdaljo od leče do žarišča = **goriščna razdalja (f)**;
 - bolj ko je leča ukrivljena, krajša je;
- **na očesnem ozadju → pomanjšana in obrnjena slika;**

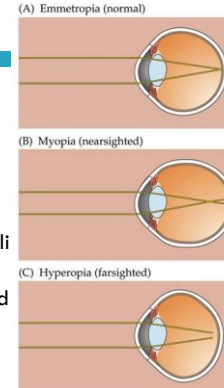


© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

107

- normalno, zdravo oko, sproščena ciliarna mišica → žarišče optičnega sistema na mrežnici (= **emetropija** oz. **emertropno oko**);
- žarišče optičnega sistema za mrežnico (= **hipermetropija** ali **hiperopija**) – **daljnovidnost**;
- žarišče optičnega sistema pred mrežnico (= **miopija**) → **kratkovidnost**.



(A) Emmetropia (normal)

(B) Myopia (nearsighted)

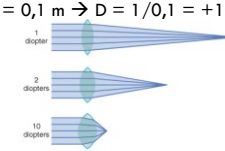
(C) Hyperopia (farsighted)

© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

108

- sposobnost loma svetlobe za lečo - v **dioptrijah** (lomnost, D);
 - enaka obratni vrednosti goriščne razdalje v metrih:
$$D = 1/f \text{ (po SI: } 1D = 1m^{-1}\text{)}$$
 - $f = 1\text{ m} \rightarrow D = 1/1 = +1$,
 - $f = 0,5\text{ m} \rightarrow D = 1/0,5 = +2$,
 - $f = 0,1\text{ m} \rightarrow D = 1/0,1 = +10$;



© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Akomodacija očesa:

109

opazovanje oddaljenih predmetov (> 10 m):

gladke mišice ciliarnika se relaksirajo → leča se splošči,

manjša refrakcija svetlobnih žarkov → slika se izostrí;

opazovanje bližnjih predmetov:

gladke mišice ciliarnika se skrčijo → leča se zaobli,

refrakcija svetlobnih žarkov večja → slika bližnjega predmeta se izostrí.

Accommodation for a near target

Accommodation for a far target

3 RECEPTORSKI SISTEM OČESA

110

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

3.1 Mrežnica (retina)

111

© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

112

fotoreceptorske celice (čepki in palčke) → zaznavajo svetlobo in barve;

bipolarne celice (vloga interneuronov) → povezujejo fotoreceptorje z ganglijskimi celicami (vidni živec);

modificiranje prenosa dražljaja med čutnicami in ganglijskimi celicami:

horizontalne celice: stranski (lateralni) prenosi dražljaje med fotoreceptorji in bipolarnimi celicami,

amakrine celice – povezave med bipolarnimi in ganglijskimi celicami.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

113

Rumena pega (fovea optica/centralis)

področje na mrežnici v optični osi → slika najbolj jasna;

sloji celic razmaknjeni → svetloba pade neposredno na vidne čutnice (čepki);

v vseh drugih področjih - svetloba prehaja skozi sloje drugih celic;

Slepa pega (papilla n.optici):

področje v katerem vidni živec (n. opticus) izhaja iz očesa

vstopajo in izstopajo krvne žile;

to področje nima čutnic; če pade naj projekcija nekega predmeta, tega ne vidimo= slepa pega;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Tapetum lucidum:

114

večina sesalcev in nekatere ptice - na očesnem ozadju poleg temnega melanina tudi pigment, ki odbija svetlobo → dodatno vzdraženje čutnic;

živali, ki imajo tapetum lucidum, lahko vidijo tudi v temi;

pri njih se oči v temi značilno svetijo.

Študijsko gradivo

83

3.2 Procesi zaznave svetlobe

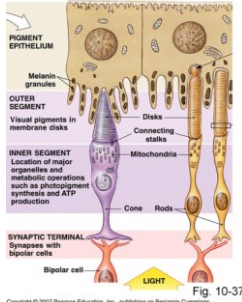
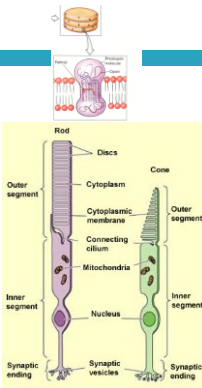
- 115
- dva tipa receptorjev za svetlobo:
 - palčke** - intenzivnost svetlobe (monokromatski nočni – skotopični vid),
 - prevladujejo na področju f.centralis
 - čepki** - vrsta valovanja (oster, barvni, dnevni – fotopični vid),
 - prevladujejo proti periferiji
 - palčke vsebujejo enake encime in transiterje kot čepki;
 - njihova občutljivost ~100-x večja
- 

Fig. 10-37

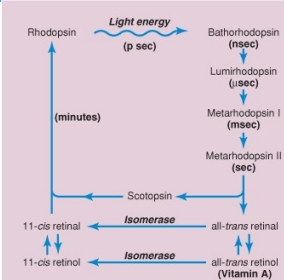
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

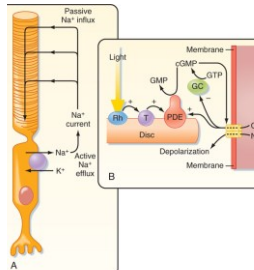
Zgradba vidnih čutnic:

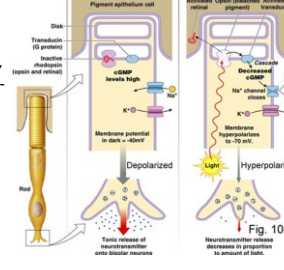
- 116
- zunanj segment:**
 - odgovoren za zaznavo svetlobe – fotorepcijo;
 - zgrajen iz vrste membranskih polc (diskov),
 - na njih se nahaja fotopigment, encimi in transiteriji.
 - notranji segment:**
 - jedro,
 - mitohondriji
 - drugi celični organeli
 - sinaptični zaključek:**
 - se veže z internevroni (bipolarne, horizontalne cel.)
- 
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Kemični procesi v mrežnici (fotoelektrična transdukcija):

- 117
- V palčkah in čepkih - fotopigmenti s skupnim imenom **rodopsin**;
 - več vrst sorodnih molekul (se med seboj nekoliko razlikujejo),
 - sestava: beljakovina **skotopsin** + aldehyd **vitamina A** = **retinal**/retinen (11-cis retinal).
 - v odsotnosti svetlobe - retinal vezan na skotopsin**;
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

- 118
- ko svetloba vzdraži fotoreceptorje (ko foton zadane molekulo rodopsina), se molekula retinala aktivira in loči od skotopsina (= **primarna fotokemična reakcija**);
 - hitra razgradnja rodopsina (~10⁻³ s) – preko vmesnih razgradnih stopenj (kaskada) do **metarodopsina II** → skotopsin + trans retinal;
- 
- lyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.stude
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

- 119
- metarodopsin II (aktivirani rodopsin) povzroči kaskado encimskih kemičnih reakcij v citosolu čutnic:**
 - stimulacija G proteina transducina → stimulacija cGMP fosfodiesteraze → razgradnja cGMP (cikličnega gvanozin monofosfata) → **padeč koncentracije cGMP v citosolu**;
 - učinek 1 fotona → hidroliza 10⁶ molekul cGMP;
- 
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

- 120
- v temi – cGMP vezan na Na⁺ kanalčke zunanjega segmenta celic:
 - kanalčki odprti → Na⁺ vstopa v celico → membranski potencial - 40 mV → izločanje nevrottransiterija **glutamata** na živčnem končiču;
 - če koncentracija cGMP pod vplivom svetlobe pade → zapiranje Na⁺ kanalčkov;
 - vstop Na⁺ se prekine, K⁺ še vedno zapušča celico → hiperpolarizacija membrane → nastanek receptorskega potenciala → inhibicija izločanja glutamata →
- 
- Fig. 10-39
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Resinteza rodopsina:

121

- po koncu svetlobnega dražljaja – regeneracija rodopsina;
- trans retinal (pod vplivom retinal-izomeraze) → 11-cis retinal → ponovna vezava s skotopsinom → rodopsin.
- trans retinal se lahko pretvori v trans retinol (oblika vitamina A) + izomeraza → 11-cis retinol → v 11-cis retinal.
- vitamina A je običajno dovolj v čutilnih in v mrežnici, zato je med vitaminom A in retinalom ravnotežje.

ytton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.stude

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Adaptacija očesa na svetlobo:

122

- mrežnica zaznava širok spekter intenzivnosti svetlobe ($1 : 10^{11}$) s prilagajanjem – adaptacijo;
- načini adaptacije:
 - pupilarni refleks (→ sl.10);
 - kemični dražljaji – spremembe koncentracije Ca^{2+} v citosolu:
 - močna svetloba → zmanjšanje koncentracije,
 - šibka svetloba → povečanje koncentracije;
 - prostorska sumacija držljajev (velikost vzdražene P mrežnice oz. števila receptorjev);
 - časovna sumacija dražljajev (podaljšanje stimulacije → daljše opazovanje objekta);
 - naknadni kontrast (lokalna adaptacija);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

3.3 Zaznava barv:

123

© Elsevier. Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology 11e - www.studentconsult.com

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

124

- živali z barvnim gledanjem - čepki s 3 različnimi vrstami pigmenta;
 - nekateri nižje vrste - samo dve vrsti pigmenta;
- vsak pigment je najbolj občutljiv na eno od valovnih dolžin, ki ustrezajo rdeči, zeleni in modri barvi.
 - maksimalna absorpcija je tudi maksimalna občutljivost določenega tipa čepka;
- vrednosti maksimalne absorpcije svetlobe:
 - modra: 430 nm
 - zelen: 535 nm
 - rdeča: 575 nm
- zaznava vseh drugih barv - posledica razgradnje teh treh pigmentov v različnih razmerjih.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Barvno gledanje pri živalih:

125

- kako vidijo domače in divje živali, kljub dolgoletnim razpravam in številnim poskusom ni popolnoma jasno;
- barvno gledanje, kot ga poznamo pri ljudeh, je najverjetneje samo še pri drugih primatih;
- nekateri živali imajo samo palčke, nimajo pa čepkov → so barvno slepe.
- druge - poleg palčk tudi nekaj čepkov, vendar zaznava barv ostaja neznanka.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

126

The Dog's View

The Human's View

Wavelength (nm)

- Barvni vid pri psu:
 - v čepkih 2 pigmenta z največjo občutljivostjo pri 555 oz. 430-435 nm → dikromatski barvni vid
 - v mrežnici dominirajo pigmenti v palčkah (508 nm) → odličen vid v mraku, dobro razlikovanje odtenkov sive in zaznavanje gibanja

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

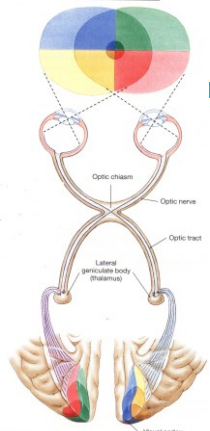
127

3.4 Prevajanje dražljajev v CNS

- aksoni ganglijskih celic prevajajo AP v vidni del skorje po vidnih živcih;
- optično križanje (*chiasma optici*) - preklon dražljajev;
- stranski nucleus geniculatus (v talamusu) → vidna skorja.
 - dražljaji iz nazalnega dela mrežnice → kontralateralni (nasprotni) nucleus geniculatus,
 - dražljaji iz temporalnega dela mrežnice → ispolateralni (istostranski) nucleus geniculatus

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

128



- Zaznavanje slike:
 - leva stran vidnega polja vsakega očesa → desna stran možgan;
 - desna stran vidnega polja vsakega očesa → leva stran možgan.
 - križanje - pri različnih vrstah živali izvedeno različno;
 - pri pticah (posebej tistih s stranskim vidom) - križanje popolno.

RINARSKA FIZIOLOGIJA 03

129

3.5 Vidno polje in zaznavanje okolice:

- Vidno polje** = področje, ki ga žival /človek zajame s pogledom;
 - centralna dela vidnih polj obeh očes se v določeni meri pokrivata;
 - zaradi rahlega zamika med obema slikama → občutek globine → ocenjevanje položaja predmetov v okolici (**binokularni vid**).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

130

- Binokularno gledanje:**
 - če se vidni polji obeh očes prekrivata na velikem področju → prostorska globina, ožje stransko polje.
- Panoramsko gledanje:**
 - vidni polji obeh očes se prekrivata na manjšem področju;
 - široko stransko polje (zaznavanje premikov v okolici), manjše področje binokularnega vida



The dogs field of vision is wider than a humans

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

131

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

132

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

133

4 SISTEM POMOŽNIH ORGANOV OČESA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

134

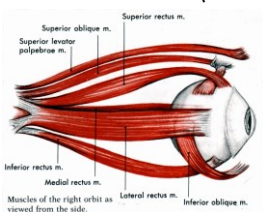
- sestavljajo ga:
 - ▣ očesne mišice,
 - ▣ veke s trepalnicami,
 - ▣ solzne žleze z izvodili.
- skrbi za nemoteno delovanje očesa,
- ga ščiti pred poškodbami.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Očesne mišice:

135

- uravnavajo gibanje očesnega zrkla.
- motorna enota: posamezno živčno vlakno oživčuje manjše število mišičnih vlaken (1 : 10)



Muscles of the right orbit as viewed from the side.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Veke s trepalnicami:

136

- ščitijo oko pred tujimi snovmi, ki bi lahko poškodovale oko;
- pri dotiku na roženico se zaradi roženičnega (kornealnega) refleksa zaprejo;
- Notranja stran vek in zunanja stran očesa prekrita z **veznico (konjunktivo)**.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Solzne žleze:

137

- solze:
 - ▣ nekoliko hipotonočna raztopina → tekočina vstopa v roženico in jo vlaži → preprečujejo izsuševanje, trenje,
 - ▣ zavirajo razvoj mikroorganizmov,
 - ▣ odstranjujejo tujke;
- izločanje stalno (v manjših količinah),
 - ▣ pod vplivom dražljajev se solzenje poveča (center za solzenje v podaljšani hrbtenjači, zaščitni refleksi).
 - ▣ pri ljudeh - pomembni tudi psihični (čustveni) dražljaji.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

138

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

139

5 VID PRI PTICAH

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

140

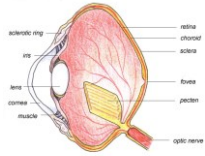
- pri različnih vrstah ptic - vid različno razvit;
 - ▣ njihova varnost - odvisna od dobrega vida.
- Pri pticah - štiri osnovne oblike očesnih zrkel:
 - ▣ tubularni tip: nekoliko hruškaste oblike, velika mrežnica in nekoliko zbočena roženica (npr. sove)
 - ▣ zvončaste oblike z rahlo izstopajočo roženico,
 - npr. ujede - sokoli;
 - ▣ s sprednje in zadnje strani sploščeno oko (npr. domači kokoši);
 - ▣ roženica bolj okrogla (npr. ptice pevke).

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Zgradba očesa pticah (kokoš)

141

- rumena pega: različna pri različnih vrstah ptic.
 - ▣ najpogostejša - ozek trak (pri žužkojedih vrstah);
 - ▣ pri nekaterih vrstah - bolj plitva in neizrazita, pri nekaterih je ni.
- Pekten ali greben:
 - ▣ tvorba na bazi optičnega živca, ki se širi v steklovino;
 - ▣ preskrbljena z vidnim pigmentom, močno ožiljena;
 - ▣ pri vseh vrstah, tudi pri nočnih letalcih;
 - ▣ najpomembnejša vloga - sodelovanje pri preskrbi mrežnice s krvjo;
 - ▣ tudi vloga pri izboljšanju vida.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

Vidno polje ptic:

142

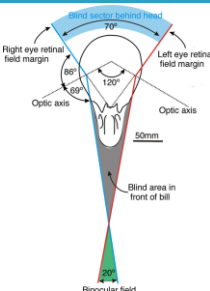
- večina vrst ptic:
 - ▣ ni sposobna gibati oči (izjema - galebi),
 - ▣ gibljejo vrat in s tem glavo v željeno lego - nekatere vrste lahko popolnoma zavijejo.
- ptice roparice: centralno postavljene oči → dobro razvito binokularno gledanje,



13

143

- rastlinojede vrste (oči postavljene na straneh) → **monokularni / panoramski vid.**
 - ▣ v trikotniku, ki ga tvori klun in nekaj okolnega prostora - slepo polje;
- pogosto obračajo vrat in pri tem opazujejo predmete najprej z enim, nato pa še z drugim očesom.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

144

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 03

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04 1

VF04 FIZIOLOGIJA HORMONALNEGA SISTEMA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04-02

2

VF04-01 SPLOŠNE LASTNOSTI IN DELOVANJE HORMONOV

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

1 HORMONALNI SISTEM:

3

- sistem žlez z notranjim izločanjem in drugih tkiv ter organov, ki s svojimi izločki povezujejo delovanje organizma v skladno celoto.
- pri integraciji fizioloških funkcij organizma, ki omogočajo ohranjanje homeostaze, sodeluje z NS;
 - NS → hiter in kratkotrajen odgovor na dražljaje;
 - hormonalni sistem → počasnejši in dolgotrajen odgovor na dražljaje;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Žleze z notranjim izločanjem:

4

- večino hormonov izločajo **hormonalne (endokrine) žleze**:
 - hipotalamus, hipofiza, epifiza;
 - ščitnica, obščitnica;
 - trebušna slinavka (Langerhansovi otočki),
 - nadledvična žleza,
 - spolni organi (moški – moda; ženski - jajčnik)
- nekatere hormon izločajo celice, ki so sestavni del drugih organov = **organi z endokrinim delovanjem**:
 - placenta,
 - črevesje,
 - atrijska,
 - krvne žile,
 - maščobno tkivo,
 - ledvice, ...

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Hormonalne žleze:

5

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Hormon:

6

- kemična snov znane zgradbe;
- izloča ga endokrina žleza ali drug organ/tkivo;
- po izločanju:
 - deluje na ciljne celice ali organe v neposredni bližini ali
 - prehaja v kri in učinkuje na oddaljenem mestu v telesu.
- koncentracije v krvi: $\mu\text{mol/L}$, nmol/L , pmol/L ,

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2

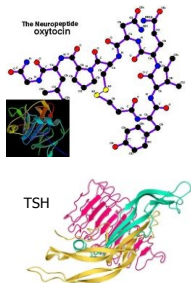
SINTEZA IN KEMIČNA SESTAVA HORMONOV

- 7
- sinteza - v endokrinih celicah (po splošnih načelih sinteze snovi v celicah);
 - Razdelitev hormonov glede na sestavo:
 - polipeptidni in proteinski hormoni,
 - steroidni hormoni,
 - derivati aminokislin,
 - derivati maščobnih kislin;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

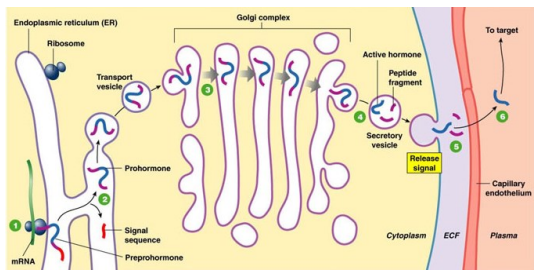
1.1 Polipeptidni in proteinski hormoni:

- 8
- velikost:
 - do 100 AK → peptidni hormoni;
 - nad 100 AK → proteinski hormoni;
 - predstavniki:
 - hormoni hipotalamusa,
 - hormoni hipofize,
 - kalcitonin,
 - hormoni obščitnice,
 - hormoni placente,
 - hormoni črevesja;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Procesi sinteze in ekskrecije polipeptidnih/ proteinskih hormonov



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

- 10
1. vezava AK v peptidno verigo → **preprohormon (biološko neaktivna oblika)** → v lumen endoplazmatskega retikuluma (ER);
 2. encimi v ER: cepitev peptidne verige preprohormona → **prohormoni**
 3. prenos prohormona v GA → sekretorni mešički (granule);
 4. encimi v sekretornih mešičkih: cepljenje → **aktivni polipeptidi** + neaktivni fragmenti;
 5. **eksocitoza** → v izvencelično tekočino;
 6. prehod v krvni obtok → transport do ciljnih celic;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

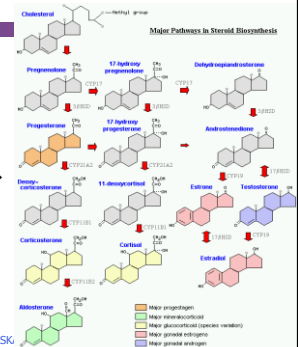
1.2 Steroidni hormoni:

- 11
- zgradba: derivati holesterola;
 - v celicah: velike zaloge estrov holesterola - ob ustreznih dražljajih → sinteza steroidnih hormonov;
 - predstavniki:
 - hormoni skorje nadledvične žleze,
 - hormoni ženskih in moških spolnih žlez;
 - po sintezi: naglo zapustijo celico (difuzija skozi membrano – topni v maščobah!)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Biosinteza steroidnih hormonov

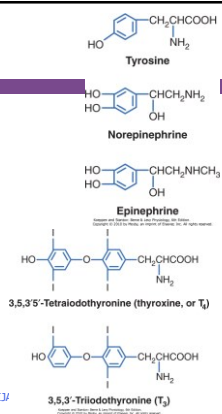
- 12
- ~30 (večina nima posebnega fiziološkega pomena):
 - pod vplivom številnih oksidativnih encimov (v mitohondrijih in ER);
 - prekurzor: **holesterol** → s pomočjo encima CYP11A1 se pretvori v pregnenolon (direktna predstopnja vseh steroidnih hormonov) – vloga ACTH!



VETERINARSKA

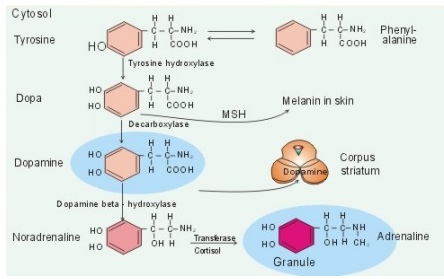
1.3 Derivati aminokislin

- večinoma iz AK tirozina (nekateri – triptofan)
- predstavniki:
 - ščitnični hormoni (tiroksin, trijodtironin);
 - kateholamini (hormoni sredice nadledvične žleze – adrenalin, noradrenalin)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA

Sinteza kateholaminov



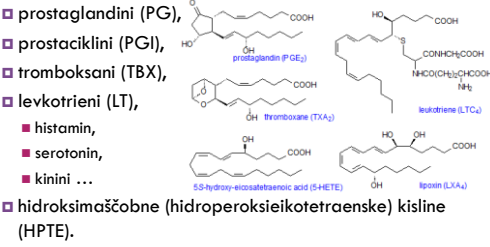
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

1.4 Derivati maščobnih kislin

- eikosanoidi – skupina lipidov:
 - hormonom podobni, lokalni učinki.
 - zelo nizka koncentracija;
- zgradba: derivati arahidonske kisline (večkrat nenasičena MK; 20C)
- kompleksno delovanje:
 - številni organski sistemi,
 - v zvezi z vnetjem in imunostjo,
 - transmitterji CNS

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

- najpomembnejši podrazredi:



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3 URAVNAVANJE IZLOČANJA HORMONOV

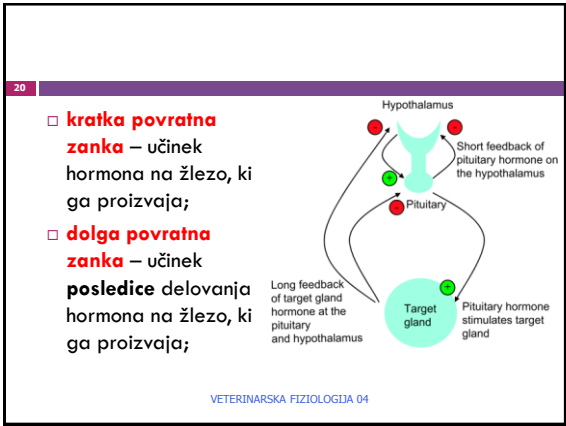
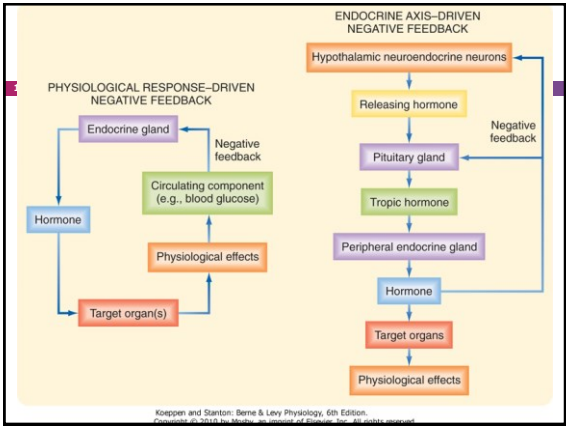
- Na sintezo in izločanje hormonov vplivajo:
- stopnja (intenzivnost) sinteze, razgradnje oz. izločanja;
 - koncentracija hormona v določenem organu,
 - živčni sistem,
 - drugi hormoni,
 - oskrba s hranilnimi ali rudninskimi snovmi.
 - Način delovanja: večinoma mehanizmi (-) ali (+) povratne zveze**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3.1 Vloga mehanizma (-) povratne zveze:

- sekrecijo določenega hormona uravnava njegova koncentracija ali posledice njegovega delovanja;
 - ↑koncentracije/učinka → ↓sinteza/izločanje;
 - ↓koncentracije/učinka → ↑sinteza/izločanje;
- pomen: ohranjanje stalne koncentracije hormona (ohranjanje homeostaze)
- Primer: hormonalne osi hipotalamus – hipofiza – skorja nadledvične žleze / ščitnica / spolne žleze

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04



3.2 Vloga mehanizma (+) povratne zveze:

- izločanje določenega hormona pospeši svojo latno sintezo in sekrecijo;
- Pomen: kadar je potreben izjemno hiter odgovor organizma, npr. v zgodnji fazi odgovora na nek dražljaj;
- primeri:
 - izločanje oksitocina (porod, laktacija);
 - LH - estrogeni

The diagram shows a positive feedback loop where 'INPUTS: eg sucking, distention of cervix' stimulate the 'hypothalamus'. The 'hypothalamus' releases 'oxytocin' to the 'pituitary', which then releases 'oxytocin' to the 'secretory gland cells'. These cells release 'oxytocin' into the 'bloodstream', which then acts back on the 'hypothalamus' to stimulate further release.

4 NAČINI IZLOČANJA IN DELOVANJA HORMONOV

- glede na oddaljenost ciljnih celic od hormonalnih žlez (celic):
- endokrino:** v kri → po telesu → ciljni organi na drugem delu telesa (a),
- parakrino:** v medceličnino → ciljne celice v okolici (b),
- avtokrino:** v medceličnino → celica v kateri je nastal (c);

The diagrams show: (a) endocrine action where hormones travel through the bloodstream to distant target organs; (b) paracrine action where hormones diffuse through the interstitial fluid to nearby target cells; (c) autocrine action where hormones act on the very cells that produced them.

23

- nevrokrino (nevroendokrino):** neurotransmiterji, ki se izločajo na živčnih končičih → v kri;
- eksokrino izločanje:** produkti se izločajo skozi izvodila (npr. slina, znoj, mleko, prebavni sokovi)

The diagram shows a 'Neurosecretory cell' releasing hormones into a 'Blood vessel' (neurocrine). It also shows a 'glandular epithelium' with 'secretory units' that release substances into a 'duct' (exocrine).

24

V vodi topni hormoni (peptidi, kateholamini):

- v prosti obliki (raztopljeni v krvni plazmi);
- v ciljnih tkivih – difuzija iz kapilar skozi medcelično tekočino v celice;

V vodi netopni hormoni (steroidni, ščitnični):

- vezava na plazemske (transportne, prenašalne) proteine;
- biološko neaktivni, dokler se ne sprostijo s prenašalcev;
- predstavljajo zalogo hormonov v krvnem obtoku;

6 MEHANIZMI DELOVANJA HORMONOV

- 25
- ❑ 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**;
 - ❑ odgovarja na hormon, če ima zanj **receptorje**;
 - ❑ celice, ki nimajo receptorjev za določen hormon, nanj ne odgovarjajo;
 - ❑ **vezava hormona na receptor → veriga reakcij znotraj celice → vpliv na delovanje celice.**
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

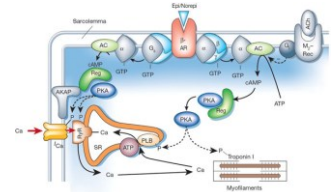
6.1 Lokacija in število receptorjev:

- 26
- ❑ **na P celične membrane** → proteinski, polipeptidni, kateholamine (topni v vodi);
 - ❑ **v citoplazmi** → steroidni (topni v maščobah/hidrofobni);
 - ❑ **v jedru** → ščitnični hormoni (topni v maščobah/hidrofobni);
 - ❑ **število receptorjev**:
 - ❑ **se spreminja** (zaradi inaktivacije / pospešene sinteze):
 - ❑ vsaka ciljna celica: 2000 do 100.000 receptorjev;
 - povečanje števila → povečanje občutljivosti;
 - zmanjšanje števila → zmanjšanje občutljivosti;
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

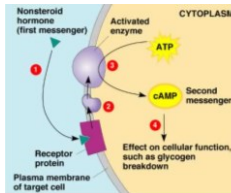
6.2 Učinki aktivacije receptorjev:

- 27
- ❑ učinek hormona na ciljno celico se začne z vezavo hormona na receptor = **aktivacija receptorja**, kar lahko povzroči:
 - ❑ spremembo prepustnosti membrane za določene ione,
 - ❑ aktivacijo encimov,
 - ❑ stimulacijo transkripcije genov;
 - ❑ **posledica → sprememba delovanja celice**;
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

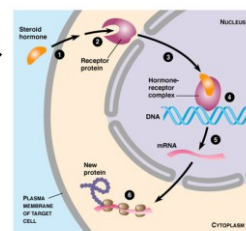
A) Sprememba prepustnosti membrane za določene ione:

- 28
- ❑ zaradi zapiranja/odpiranja ionskih kanalčkov;
 - ❑ spremembe membranskega in akcijskega potenciala → spremembe v delovanju celice;
 - ❑ Primer:
 - ❑ adrenalina,
 - ❑ noradrenalina;
- 
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

B) Aktivacija encimov:

- 29
- ❑ sistem **sekundarnih prenašalcev**:
 - ❑ kalcitonin, glukagon, stimulirajoči hormoni iz adenohipofize: **aktivacija cAMP**,
 - ❑ → aktivacija protein kinaze A → aktivacija celičnih encimov → učinki na metabolizem celice,
 - ❑ prolaktin, insulin, oksitocin, rastni hormon → **kalcij/diacylglicerolni** prenašalni sistem;
- 
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

C) Stimulacija transkripcije genov:

- 30
- ❑ steroidni hormoni:
 - ❑ **vezava na proteinski receptor (znotraj celice) → stimulacija transkripcije in translacije**
 - ❑ → **sinteza določenih proteinov**
 - ❑ → **spremenbe v delovanju celice**;
- 
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

7 RAZGRADNJA IN IZLOČANJE HORMONOV IZ TELESA:

31

- Lahko se izločijo razgrajeni ali nerazgrajeni;
 - metaboliti: biološko aktivni ali neaktivni;
- poteka v:
 - krvi (serumske protaze);
 - perifernih ciljnih celicah;
 - ledvicah (izločanje metabolitov z urinom) in
 - jetrih (izločanje metabolitov z žolčem → iztrebki)
- hitrost:
 - hormoni, vezani na beljakovine - počasi;
 - prosti hormoni – hitro;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

8 INTERAKCIJE HORMONOV

32

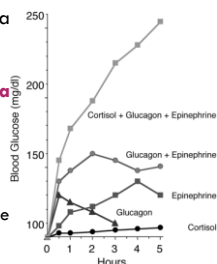
- posamezne celice in tkiva: pod kontrolo različnih hormonov → zapleteni medsebojni vplivi (interakcije);
- oblike interakcij:
 - sinergizem (sodelovanje);
 - permisivnost (podpiranje);
 - antagonizem (nasprotovanje);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

A) Sinergizem

33

- Različni hormoni - enak učinek na organizem kljub različnim mehanizmom delovanja,
- **kombinirano delovanje večjega števila hormonov ima večji učinek, kot bi ga imela vsota njihovih posameznih učinkov**
- primer:
 - uravnavanje koncentracije glukoze v krvi: glukagon, kortizol, adrenalin → dvig koncentracije;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

B) Permisivnost

34

- določen hormon ne more učinkovati, če ni prisoten drug hormon;
- primer:
 - ščitnični hormoni potrebni za delovanje spolnih hormonov in spolno dozorevanje;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

C) Antagonizem:

35

- v farmakologiji:
 - tendenca neke snovi, da prepreči delovanje druge (npr. če tekmujeta za isti receptor);
 - če se ena snov veže na receptor, a ga ne aktivira = **inhibicija receptorja**;
- v fiziologiji:
 - **dva hormona sta antagonista, če imata nasproten učinek**;
 - primer: glukagon, GH (dvig koncentracije glukoze v krvi) antagonista insulinu (padec koncentracije glukoze v krvi);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

9 BOLEZNI HORMONALNEGA SISTEMA

36

- motnje v delovanju hormonov so lahko posledica:
 - povečanega izločanja,
 - zmanjšane izločanja,
 - nenormalnega odgovora ciljnih celic na hormon;
- zaradi mehanizmov povratne zveze – zapletene interakcije;
- proučevanje motenj delovanja hormonalnega sistema dalo vpogled v funkcije posameznih hormonov;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

37

- povečano izločanje hormona (**hipersekrecija**) → učinek ↑;
 - vzrok: tumorji hormonalnih žlez (benigni ali maligni);
 - lahko tudi tumorji drugih tkiv, učinki nekaterih zdravil;
- zmanjšano izločanje hormona (**hiposekrecija**) → učinek ↓;
 - vzrok: atrofija hormonalne žleze;
 - lahko tudi pomanjkanje nekaterih snovi (npr. J – ščitnica);
- nenormalen odgovor ciljnih celic (ob normalni koncentraciji hormona):
 - motnje v interakcijah z receptroji ali
 - motnje v prenosu signalov znotraj celice;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

10 HORMONALNI MOTILCI:

38

- = **hormonalni disrupterji** – kemične snovi, ki delujejo:
 - podobno kot hormoni ali
 - preprečujejo delovanje naravnih hormonov;
- izvor:
 - naravni (sestavni del rastlin → krma);
 - umetni (antropogeni) – produkt človeške dejavnosti, npr. industrija;
- primeri:
 - DDT, fitoestrogeni – estrogeni učinek (motnje v reprodukciji);
 - PCB – preprečuje sintezo serotonina, antagonist ščitničnih hormonov (motnje v delovanju NS, presnovi);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

39

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

40

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

41

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

42

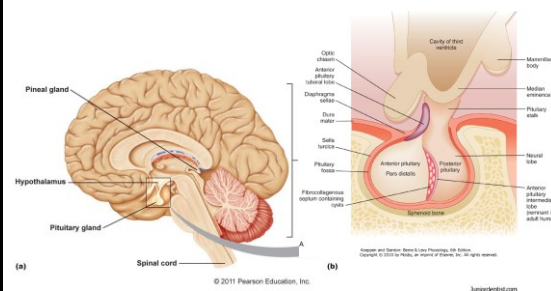
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

43

VF04-02 HORMONI HIPOTALAMUSA IN HIPOFIZE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

44



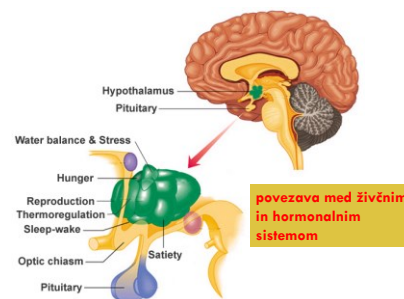
45

1 HORMONI HIPOTALAMUSA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

1.1 Vloge hipotalamusa (→VF02-02):

46



1.2 Nastajanje hormonov hipotalamusa :

47

- kemična struktura: **peptidi** (izjema: PIH / dopamin - amin);
- nekateri avtorji: pojem **hipotalamusni faktorji**;
- v živčnih celicah hipotalamusa – **nevrosekretorne celice**:
 - spremenjene živčne celice,
 - živčni končiči izločajo nevrohormone;
- razdelitev:
 - **magnocelularne**: sinteza hormonov nevrohipofize (oksitocina, vazopresina);
 - **parvicelularne**: sinteza sproščujočih/zavirajočih hormonov
- koncentracije hipotalamusnih hormonov zelo nizke;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

48

- komunikacijo med hipotalamusom in adenohipofizo omogočajo:
- **portalni žilni sistem**
 - prenos majhnih količin hipotalamusnih hormonov (brez redčenja!)
 - → vezava na receptorje specifičnih celic adenohipofize → izločanje hormonov;
- **aksoni magnocelularnih celic**,
 - preko hipofiznega debla v nevrohipofizo;
 - transport - beljakovina nevrofizin;
 - skladiščenje v živčnih končičih

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Komunikacije med hipotalamusom in adenohipofizo

49

Diagram illustrating the anatomical connection between the hypothalamus and the anterior pituitary gland. The hypothalamus contains neurosecretory cells that release hormones into the primary capillary plexus. These hormones are transported through the infundibular stalk to the anterior pituitary gland, where they regulate the release of anterior pituitary hormones.

50

Diagram illustrating the functional pathways of hypothalamic hormones. Hypothalamic hormones are transported in the portal system to the anterior pituitary, where they regulate the release of anterior pituitary hormones. These hormones then act on target organs via the systemic circulation.

1.4 Vloge hormonov hipotalamusa

50

- uravnavanje izločanja hormonov adenohipofize
→ posreden vpliv na:
 - delovanje nekaterih drugih žlez z notranjim delovanjem - osi/poti delovanja:
 - hipotalamus - hipofiza – ščitnica,
 - hipotalamus - hipofiza - skorja nadledvične žleze,
 - hipotalamus - hipofiza - spolne žleze;
 - na presnovne procese v drugih organih in tkivih; poti delovanja:
 - hipotalamus – hipofiza – organi (npr. mlečna žleza, jetra)
- sinteza hormonov, ki se izločajo iz neurohipofize

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Način delovanja hipotalamskih hormonov:

51

- pospeševanje izločanja hormonov adenohipofize – **sproščevalni hormoni**;
- zaviranje izločanja hormonov adenohipofize – **zaviralni hormoni**;
- mehanizem urejanja:
 - negativna povratna zveza;
 - delovanje živčnega sistema na hipotalamus;
 - biološke ure v suprahiazmatičnem jedru hipotalamusa (epizodično/ritmično izl.)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Diagram illustrating the hypothalamic-pituitary-gonadal axis. The hypothalamus secretes GnRH, which stimulates the anterior pituitary to release LH and FSH. LH acts on the testes to produce androgens, and FSH acts on the testes to produce inhibin. The hypothalamus also secretes TRH, which stimulates the anterior pituitary to release TSH, acting on the thyroid to produce thyroid hormones. The hypothalamus also secretes CRH, which stimulates the anterior pituitary to release ACTH, acting on the adrenal cortex to produce cortisol. The hypothalamus also secretes GHIH, which inhibits the anterior pituitary from releasing GH, which acts on the liver to produce IGFs. The hypothalamus also secretes PIH, which inhibits the anterior pituitary from releasing prolactin, which acts on the breast to produce milk.

52

Fig. 7-13

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

A) Sproščevalni hormoni:

53

- **somatotropina** (somatoliberin /somatokrinin / growth hormone releasing hormone /**GHRH**) → pospešuje izločanje ravnega hormona;
- **prolaktina** (prolactin releasing hormone /**PRH**) → pospešuje izločanje prolaktina;
- **melanotropina** (melanotropin releasing hormone /**MSH-RH**);
- **kortikotropina** (kortikoliberin /corticotropin releasing hormone, **CRH**) → pospešuje izločanje kortikotropina;
- **tiotropina** (tiroliberin /thyrotropin releasing hormone /**TRH**) → pospešuje izločanje tiotropina v hipofizi;
- **gonadotropinov** (gonadoliberin /gonadotropin releasing hormone /**GnRH**) → pospešuje izločanje gonadotropinov;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

B) Zaviralni hormoni

54

- **somatotropina** (somatostatatin /growth hormone inhibiting hormone, /**GIH**) → zavira izločanje ravnega hormona;
- **prolaktina** (prolactin inhibiting hormone, **PIH** = **dopamin**) → zavira izločanje prolaktina;
- **melanotropina** (melanotropin inhibiting hormone, **MSH-IH**)

C) Drugi hormoni:

- **oksitocin** → prehaja v hipofizo po živčni poti;
- **antidiuretični hormon** (adiuretin /ADH / vazopresin) → prehaja v hipofizo po živčni poti;
- drugi hormoni živčnega sistema

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

55

2 HORMONI HIPOFIZE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

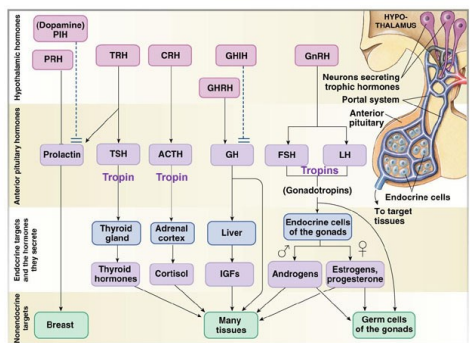
2.1 HORMONI ADENOHIPOFIZE

56

- glede na način delovanja na ciljna tkiva oz. organe se delijo na:
 - **spodbujevalne (tropne) hormone** – delujejo na druge hormonalne žleze in uravnavajo njihovo sekretorno aktivnost;
 - učinek na tkiva indirektno (preko hormonov, ki jih izločajo ciljne žleze);
 - **ostale hormone** – delujejo direktno na telesne celice (razen endokrinih in živčnih);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

57



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

Fig. 7-13

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

58

Hormoni hipofize so:

- kortikotropin (adrenokortikotropni hormon – **ACTH**),
- tirotropin (tiroidni stimulirajoči hormon – **TSH**)
- folikle stimulirajoči hormon (**FSH**),
- luteinizirajoči hormon (**LH**),
- rastni hormon (somatotropin, somatotropni hormon, STH (*growth hormone*, **GH**),
- prolaktin,
- melanocite stimulirajoči hormon (melanotropin, intermedin – **MSH**),
- endorfini.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.1.1 Kortikotropni hormon (ACTH - adrenokotropni hormon)

59

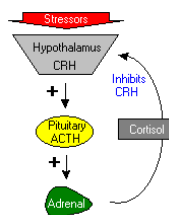
- polipeptid (39 AK); Mr = 4.500
 - prvih 23 AK N-terminalnega dela molekule ACTH identičnih pri vseh sesalcih → biološki učinek;
 - 16 AK - različnih → vrstna specifičnost.
 - Nastanek: hidroliza prohormona **proopiomelanokortina (POMC)**;
- **učinek ACTH: pospeševanje sinteze in izločanja glukokortikoidov (kortizola) in androgenov v skorji nadledvične žleze (→VF04-03).**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Uravnavanje izločanja ACTH:

60

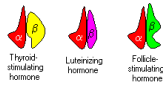
- **kortikoliberin (CRH)** hipotalamusa,
 - nastaja tudi zunaj NS: v antrumu želodca, duodenumu, jejunumu;
- **izločanje ACTH posredno uravnavajo dejavniki, ki vplivajo na izločanje CRH:**
 - nevrottransmiterji (acetilholin, serotonin, histamin in opiodi),
 - dnevno-nočni ritem (pulzatorno izločanje),
 - stres in bolečina,
 - kortizol (negativna povratna zveza).



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.1.2 Tiroideo (ščitnico) stimulirajoči hormon (TSH)

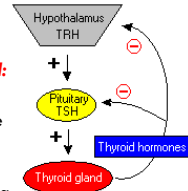
- = tiotropin, tiotropni hormon
- glavni regulator sinteze in izločanja ščitničnih hormonov T3 in T4;
- glikoprotein (211 AK), Mr = 28.000;
- struktura:
 - α-veriga (identična kot LH in FSH)
 - β-veriga (specifična);
- razpolovna doba v krvi - 60 min;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Upravljanje izločanja TSH

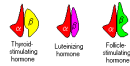
- tireoliberin (TRH)**
 - 70% - CNS, tudi druga tkiva;
- izločanje TSH posredno uravnavajo dejavniki, ki vplivajo na izločanje TRH:**
 - ↑: različni neurotransmiterji, somatoliberin, endogeni opiodi; nizke temperature okolice; stres;
 - ↓: dvig koncentracije T3 in T4 v krvi (negativna povratna zveza – deluje na hipotalamus in hipofizo!); somatostatin.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.1.3 Gonadotropni hormoni

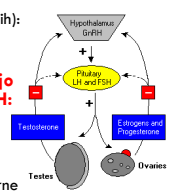
- luteinizirajoči hormon - LH,**
- folikle stimulirajoči hormon – FSH;**
- stimulirata spolne žleze obeh spolov (jajčnike in moda);
- nujna za razmnoževanje, ne pa za življenje;
- struktura: glikoproteinska hormona (~1/4 M - OH);
 - α veriga: 90 AK → enaka pri obeh;
 - β-veriga: specifična (sestava in molekularna masa različni glede na hormon in živalsko vrsto).



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Upravljanje izločanja :

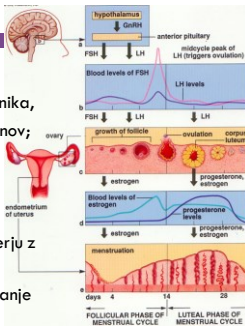
- sproščevalni hormon gonadotropinov (GnRH; gonadoliberin)** iz hipotalamusa;
 - pri odraslih osebkih –izločanje v sunkih (pulzih):
 - nizka amplituda, visoka frekvenca → FSH;
 - visoka amplituda, nizka frekvenca → LH;
- izločanje LH in FSH posredno uravnavajo dejavniki, ki vplivajo na izločanje GnRH:**
 - prehrana (**leptin**),
 - sezonska bioritmična (**melatonin**);
 - stres, laktacija,
 - prisotnost spolnih partnerjev (različne senzorne zaznave),
 - spolni steroidi: negativna povratna zveza na hipotalamus in hipofizo;**



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Delovanje gonadotropnih hormonov pri samicah

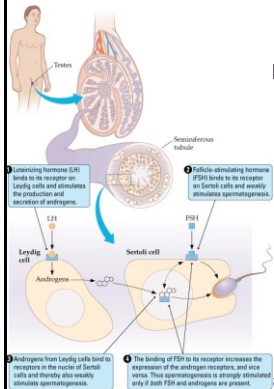
- FSH:**
 - ↑razvoj in zorenje foliklov jajčnika,
 - skupaj z LH ↑izločanje estrogenov;
- LH:**
 - ↑razvoj in zorenje foliklov (po predhodnem delovanju FSH),
 - ↑ovulacijo (v določenem razmerju z FSH),
 - ↑rast rumenega telesa in izločanje progesterona;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Delovanje gonadotropnih hormonov pri samcih

- LH:** ↑ sintezo in izločanje testosterona (Leydigove cel.)
- FSH:** vpliva na zarodni epitel semenskih kanalčkov (Sertolijeve cel.)
- LH in FSH:** ↑ razvoj in zorenje spermijev;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.1.4 Melanocyte stimulirajoči hormon (MSH)

67

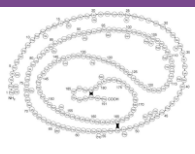
- vpliva predvsem na melanocyte pri nižjih vretenčarjih → prilagajanje barve živali okolici;
- pri sesalcih: α-, β- in γ-oblike hormona (iz POMC)
- vloga ni dobro razjasnjena:
 - najverjetneje sodeluje pri prenosu svetlobnih dražljajev na hormonski sistem (→ pigmentacija organizma);
 - kot neuropeptid ima vlogo pri spominjanju in učenju;
 - sodeluje pri fetalnem razvoju.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.1.5 Rastni hormon (somatotropin /STH /GH)

68

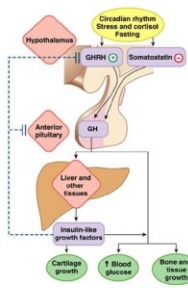
- proteinski hormon:
 - ~190 AK v enojni verigi
 - 2 - 4 disulfidni mostički;
 - Mr ~ 20.000;
- struktura:
 - podobna kot prolaktin, placentalni laktogen
 - medvrstne razlike (GH ene vrste ne učinkuje pri drugi!)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

A) Uravnavanje izločanja GH:

69



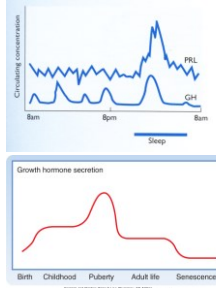
- hipotalamska nevrohormona **somatoliberin (GHRH)** in **somatostatin (GIH)**;
- **na izločanje GH posredno vplivajo dejavniki, ki uravnavajo izločanje GHRH in GIH:**
 - stres (dvig koncentracije glukokortikoidov!);
 - lakota,
 - laktacija,
 - zmerna vadba,
 - nekatere AK.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Vzorec izločanja GH:

70

- **najbolj intenzivno ponoči:**
 - pribl. 20-40% dnevne količine – v prvih 90 min spanja (v 3. in 4. fazi spanja ali v fazi REM);
- **pulzirajoče** (v sunkih – vsakih nekaj min do nekaj ur);
- **pomen:** popolna odsotnost v določenih obdobjih omogoča vzdrževanje tako njegovih anaboličnih kot kataboličnih učinkov;

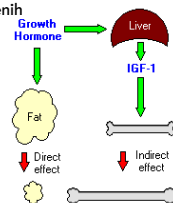


VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

B) Delovanje GH:

71

- ciljne celice GH: neposredno ali posredno vse celice v telesu;
- na organizem številni učinki; najpomembnejši:
 - uravnava rasti pri mladih, dobro hranjenih organizmih,
 - uravnavanje metabolizma – oskrba organizma z E snovmi (glukoza, MK z dolgimi verigami) med stradanjem;
- **mehanizmi delovanja GH:**
 - **indirektni** – anabolični (preko somatomedinov);
 - **direktni** – katabolični;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Indirektni učinki GH:

72

- preko **somatomedinov (inzulinu podobni rastni faktorji /insuline like growth factors):**
 - **IGF-1 (somatomedin C):** sinteza pod vplivom GH v jetrih in ledvicah (v manjši meri tudi v drugih tkivih);
 - v krvi vezan na prenašalne beljakovine (IGF BP).
- **posledica indirektnih učinkov – rast organizma:**
 - pospeševanje hondrogeneze → linearna rast kosti, pospeševanje skupne mase kosti;
 - stimulacija in proliferacija mioblastov → rast mišic
 - proliferacija limfatičnega tkiva,
- indirektno učinke GH pospešujeta T3 in T4;

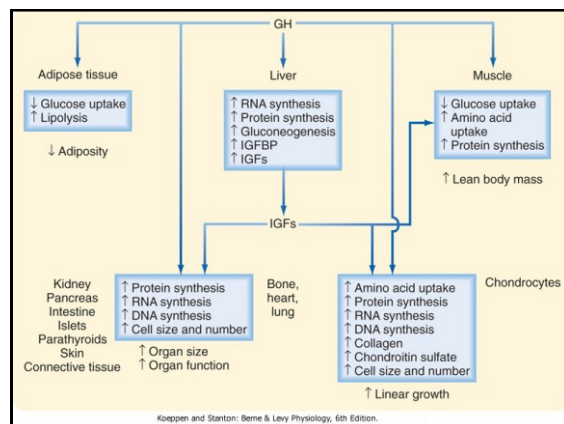
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Direktni učinki GH

73

- metabolični učinek (anti-insulinsko delovanje na metabolizem OH in lipidov) → pospešena rast (na račun zmanjšanja maščobnih depozitov);
- skeletne mišice: povečana sinteza in nalaganje beljakovin;
- maščobno tkivo: povečanje lipolize (z aktivacijo hormonsko odvisne lipaze v lipocitih), zmanjšano sprejemanje glukoze in sinteze maščob;
- jetra: pospešena glukoneogeneza;
- prebavila: povečano sprejemanje Ca in P;
- mlečna žleza: povečana sinteza mleka zaradi povečanega sprejemanja HS in pretoka krvi = **galaktopoetični učinek**;
- druga tkiva: zmanjšanje oksidacije AK in glukoze, povečana oksidacija prostih MK, zmanjšani učinki insulina;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04



C) Motnje v izločanju ravnega hormona:

75

- posledica motenj v delovanju hipotalamusa, hipofize ali ciljnih celic (motnje v delovanju receptorjev);
- oblika motenj odvisna od starosti osebk:
 - gigantizem,
 - akromegalija,
 - prilikkavost.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

76

- Gigantizem:** povečano izločanje GH pred zaključkom rasti kostnih epifiz v puberteti;
 - različni vzroki, najpogostejše tumorji;
 - osebki so nenormalno veliki (ljudje > 2 m).
- Akromegalija:** povečano izločanje GH po končani puberteti;
 - ljudje – rast zunanjih delov obraza (nos, uhlji), jezik, okončine (prsti) in notranji organi (jetra, srce);
 - psi – povečana rast zgornje čeljusti, jezika in prstov;
 - razmaknjeni zobje v zgornji čeljusti, jezik visi iz gobca;
 - pri psicah se GH izloča tudi iz novotvorb mlečne žleze.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

- Prilikkavost:** izločanje ravnega hormona zmanjšano pred zaključeno telesno rastjo,
 - osebki so veliko manjši kot sicer.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.1.6 Prolaktin (PRL):

78

- (→VF12-01)
- polipeptidni hormon (pri človeku in prežvekovalcih 198 AK, pri prašiču 199 AK)
 - po zgradbi podoben (homologen) GH;
- nastaja tudi v drugih celicah telesa (možganske, uterus, imunske (vloga pri imunskem odgovoru (?)))

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Urejanje izločanja prolaktina

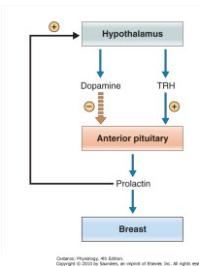
79

□ **sproščevalni (PRH) hormon prolaktina**

- vloga PRH (?): TRH, vazoaktivni intestinalni polipeptid (VIP), oksitocin in β-endorfin;

□ **zaviralni (PIH) hormon prolaktina (hipotalamus);**

- vloga PIF (?): dopamin ali gama amino maslena kislina (GABA);
- snovi, ki zavirajo sekrecijo dopamina ali onemogočajo njegovo vezavo na receptorje → povečana sinteza prolaktina!



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Delovanje prolaktina

(pri sesalcih – več kot 300 funkcij)

80

□ **pri samicah:**

- inducira lobuloalveolarno rast ml. žleze (priprava na laktacijo);
- po porodu - v celicah mlečne žleze pospešuje sintezo mleka;
- vpliva na reprodukcijsko in materinsko obnašanje;
- pri nekaterih vrstah (psi, podgane) → vzdrževanje CL → vzdrževanje brejosti;

□ **pri samcih:**

- vpliva na sintezo androgenov (preko receptorjev na Leydigovih celicah);
- pospešuje rast spolnih organov v puberteti;
- vpliva na tvorbo spermijev;
- hiperprolaktinemija (povečana koncentracija prolaktina v krvi) → zmanjšanje spolne funkcije samcev.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.1.7 Endogeni opioidi

81

- **opioid** = kemična snov, ki deluje po vezavi na opioidne receptorje v centralnem in perifernem NS in prebavilih (delovanja morfija in njegovih derivatov!);

- **endogeni opioidi** - snovi z delovanjem, podobnim morfinu, ki nastajajo v organizmu;

- peptidi, ki nastajajo v telesu in se vežejo na opioidne receptorje;

- vloge:

- omogočajo, da organizem reagira na določene obremenitve oz. se jim lahko zoperstavi;
- pri stresnih stanjih (šok, hipoksija, anestezija, bolečina ...);
- uravnavanje / sodelovanje pri uravnavanju izločanja hormonov (npr. neuro- in adenohipofize),

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Klasifikacija endogenih opioidov:

82

- **Endorfini (α, β, δ) - endogeni morfini:**

- sekrecija v hipotalamusu in hipofizi (med fizično obremenitvijo, vznemirjenjem, bolečino, spolnimi in emocionalnimi dogajanjmi) → analgezija in občutek zadovoljstva;

- **Enkefalini, dinorfini:**

- pentapeptidi vključeni v uravnavanje zaznave bolečine,

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.2 HORMONA NEVROHIPOFIZE

83

- oksitocin in vazopresin:

- oba – nonapeptida (9 AK, razlika – 2 AK);
- edina znana hormona hipotalamusa, ki delujeta v oddaljenih tkivih;

- nastajanje – magnocelularne živčne celice hipotalamusa;

- po aksonih, vezan na beljakovino nevrofizin, potujejo do neurohipofize;

- se skladiščijo v živčnih končičih in izločajo ob ustreznih dražljajih v hipotalamusu .



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.2.1 Oksitocin

A) Vloga pri porodu

84

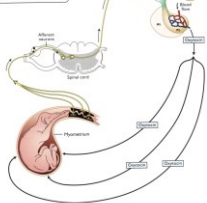
- povečuje tonus gladkih mišičnih celic v maternici bregih živali;

- med brejostjo: ni krčenja maternice (delovanje progesterona);

- izločanje velikih količin oksitocina - ko plod vstopi v porodni kanal (**nevroendokrini refleksi - po Fergusonu**) → **porodni popadki**;

- deluje sinergistično s **PGF-2α** pri sprožanju mišičnih krčenj v maternici.

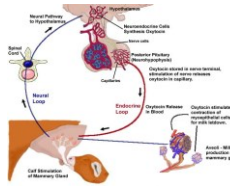
Figure 18-15 Pressure on the Cervix Causes Oxytocin Release and Reflexes in the Parturient
As the fetus moves through the birth canal, pressure on the cervix causes release of oxytocin from the posterior pituitary. This oxytocin causes reflexes in the parturient, causing strong uterine contractions that help the animal give birth. Oxytocin also causes relaxation of the mammary glands.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

B) Vloga pri praznjenju vimena (molži ali sesanju) →VF12-01

85



- pod vplivom prolaktina se mleko stalno sintetizira in izloča, vendar zastaja v alveolah in mlečnih kanalčkih;
- oksitocin omogoča praznjenje vimena → **nevrohormonalni refleks izločanja mleka**:
 - draženje seska (sesanje ali molža) → prenos dražljaja v hipotalamus → oksitocina izločanje v kri → vime → krčenje mioepitelnih celic v mlečnih alveolah in kanalčkih → praznjenje vimena;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Vpliv oksitocina na materinsko obnašanje:

- med porodom – dvig koncentracije oksitocina v cerebrospinalni tekočini → delovanje na možgane

Oksitocin pri samcih

- vloga – pri ejakulaciji;
- transport sperme po m. spol. sistemu;
- učinki na nekatere vidike seksualnega obnašanja.

2.2.2 Adiuretin (ADH,adiuretični hormon, antidiuretični hormon, antidiuretin) = vazopresin

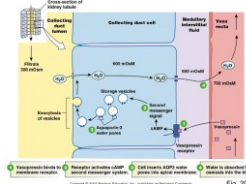
87

- Adiuretin** → zoperstavlja se pospešenemu izločanju (diurezi) vode.
- Vazopresin** → vpliva na krčenje žil (ob zelo veliki količini v krvi;
- zgradba ADH - podobna kot oksitocin;
- dražljaji za njegovo izločanje:
 - sprememba koncentracije topljencev v krvi (dvig osmolarnosti → osmoreceptorji);
 - padec V krvi (baroreceptorji v kardiovaskularnem sistemu);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Mehanizem delovanja ADH (→VF10-03)

- 88
- v distalnih ledvičnih kanalčkih **pospešuje reabsorpcijo vode** (povečuje število integralnih proteinov – akvaporinov na membrani celic) → V urina se zmanjša → ohranjanje vode v organizmu;
 - močnejša v izločanju ali delovanju ADH - **diabetes insipidus**:
 - nezadostno izločanje ADH ali motnja v vezavi na receptorje → sposobnost koncentriranja seča v ledvicah zmanjšana → iz telesa se izločajo ogromne količine urina;
 - posledica: huda žeja → pitje velikih količin vode = kompleks poliurije in polidipsije.



3 FIZIOLOŠKA VLOGA EPIFIZE

89

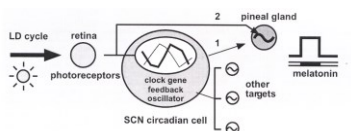
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

- 90
- pri večini živalskih vrst – ciklična nihanja fizioloških procesov in obnašanja, ki so sinhronizirana s cikličnimi spremembami v neživi naravi (menjava dneva in noči, letnih časov ...) = **biološki ritmi** (→VF01-03);
 - nevroni suprahiazmatičnega jedra hipotalamusa (SCN) – ciklična aktivnost (= **notranje ure organizma**):
 - delovanje uravnavajo zunanji dejavniki;
 - najpomembnejši – dolžina dnevne svetlobe;
 - sinhronizacijo delovanja notranjih ur organizma s cikličnimi spremembami v naravi omogoča hormon epifize – melatonin**;
- VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3.1 Epifiza in sinteza melatonina

91

- SCN prejema informacije o dolžini dneve svetlobe iz mrežnice → po živčnih poteh (*retinohipotalamusni trakt* - možgansko deblo, cervikalni gangliji) → **epifiza → izločanje hormona melatonina**



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

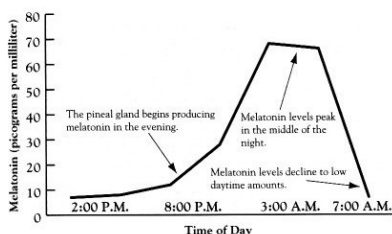
92

- sinteza melatonina: iz triptofana;
 - največja ponači (v odsotnosti svetlobe) → cirkadiano nihanje koncentracij melatonina
- izločanje – v periferni krvni obtok in cerebrospinalno tekočino → vsa tkiva ("koledarske celice") dobijo informacije o:
 - času dneva (faze povečane ali zmanjšane koncentracije);
 - letnem času (trajanje sekrecije melatonina):
 - obdobje dolgih noči (zima) – dolgotrajna visoka koncentracija;
 - obdobje kratkih noči (poleti) – kratkotrajna visoka koncentracija;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Cirkadiani vzorec izločanja melatonina

93



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3.2 Fiziološki učinki melatonina

94

- uravnavanje sezonske reprodukcijske aktivnosti,
- sezonski vplivi na izločanje prolaktina, delovanje ščitnične osi, nadledvične žleze, pankreasa ...
- aktivacija imunskega sistema in protivnetne lastnosti (uravnavanje sinteze citokinov),
- zmanjševanje delitve in diferenciacije rakastih celic,
- antioksidant + stimulacija antioksidantnih encimov,
- zaščita sluznice želodca pred ulceracijami (učinek preko prostaglandinov),
- zmanjševanje krvnega tlaka (vplivi na gladko muskulaturo krvnih žil)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Vpliv melatonina na reprodukcijske procese

95

- Živali s sezonsko reprodukcijsko aktivnostjo – različen odziv na melatonin:**
- konji** (reprodukcijska aktivnost spomladi, anestrus v obdobju kratkih dni):
 - visoke vrednosti melatonina jeseni zavirajo sproščanje GnRH → zavirano izločanje LH → ni reprodukcijske aktivnosti;
 - nizke vrednosti melatonina spomladi → GnRH se lahko sprošča → spodbuja izločanje LH → reprodukcijska aktivnost prisotna;
- ovce** (reprodukcijska aktivnost jeseni, anestrus v obdobju dolgih dni):
 - visoke vrednosti melatonina jeseni spodbujajo sproščanje GnRH → izločanje LH → reprodukcijska aktivnost prisotna;
 - nizke vrednosti melatonina spomladi → zavirajo sproščanje GnRH → zavirano izločanje LH → ni reprodukcijske aktivnosti;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

96

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

97

V04-03
HORMONALNE ŽLEZE IN
ORGANI

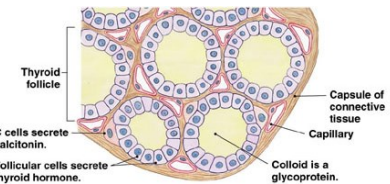
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

98

1 HORMONI ŠČITNICE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

99



Thyroid follicle

Capsule of connective tissue

Capillary

C cells secrete calcitonin.

Follicular cells secrete thyroid hormone.

Colloid is a glycoprotein.

- Ščitnica - največja endokrina žleza v telesu;
- Ščitnični hormoni:
 - tireociti → jod vsebujoča hormona **tiroksin (T4)** – neaktivna oblika in **trijodtironin (T3)**
 - koloid - glavno skladišče predstopenj ščitničnih hormonov
 - parafolikularne celice → **kalcitonin**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

100

1.1 JOD VSEBUJOČI ŠČITNIČNI
HORMONI

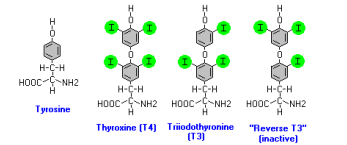
- derivati AK tirozina s kovalentno vezanim jodom:
 - tiroksin (T4)** – neaktivna oblika
 - trijodtironin (T3)** – fiziološko aktivna oblika;
 - rT3 (reverzni trijodtironin) – fiziološko neaktivna oblika
 - večina T3 nastane z dejodinacijo T4;
- najpomembnejša metabolična hormona;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Stopnje sinteze T3 in T4:

101

- predstopnje ščitničnih hormonov – shranjene v koloidu (vezani na tiroglobulin)
- tirozin + 1I⁻ → monojodtirozin (MIT);
- tirozin + 2I⁻ → diiodtirozin (DIT);
- MIT + DIT → T3 (3,5,3' trijodtironin / 5,3',5' trijodtironin = r-T3),
- DIT + DIT → T4 (3,5,3'5 tetrajodtironin ali tiroksin)



Tyrosine

Tiroksin (T4)

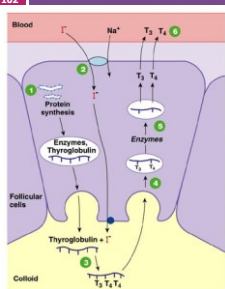
Trijodtironin (T3)

"Reverse T3" (inactive)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Potek sinteze J vsebujočih ščitničnih hormonov:

102



Blood

Follicular cells

Colloid

Thyroglobulin + I⁻

T₃ T₄ T₃ T₄

- sinteza tiroglobulina v epitelinih celicah → v lumen foliklov (eksocitoza);
 - molekula tiroglobulina vsebuje 134 mol. tirozina
 - le nekaj molekul se dejansko porabi za sintezo T3 in T4;
- vstopanje joda (I⁻) v epitelne celice (Na-I simporter ali *jodna paf*);
 - koncentracija ~25x večja kot v plazmi
 - iz celic → v lumen foliklov (preko 2Na⁺/J⁻ simporterja = pendrin)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

103

3. jodinacija tirozina na tiroglobulinu (= organifikacija jodida);

- omogoča jo encim tiroidna peroksidaza (integralni membranski protein v apikalni membrani)
- nastanek MIT + DIT → T₃ / T₄ (vezana na tiroglobulin → akumulacija v koloidu)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

104

4. endocitoza koloida v epitelne celice → endosomi;

5. endosomi + lizosomi (vsebujejo hidrolitične encime) → razgradnja tiroglobulina → sproščanje prostih ščitničnih hormonov;

6. prosti T₃ / T₄ z difuzijo preideta v kri → vezava s transportnimi proteini → transport do ciljnih celic;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Urnvananje sinteze in sekrecije ščitničnih hormonov:

105

- najpomembnejši dejavnik – TSH (→ VF04-02!): vezava na receptorje epitelnih celic → stimulira sintezo:
 - transporterjev jodida,
 - ščitnične peroksidaze,
 - tiroglobulina.
 - določa stopnjo endocitoze koloida;
- Sintezo TSH stimulira TRH, zavira pa somatostatina

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Mehanizmi delovanja T₃ in T₄

106

- ščitnični hormoni vstopijo v celice skozi membranske transportne proteine;
- receptorji**: intracelularni proteini, ki delujejo kot transkripcijski faktorji:
 - znotraj jedra – vezava na receptorje;
 - kompleks med hormonom in receptorjem reagira s specifičnimi sekvencami DNA → modulacija ekspresije genov (**stimulacija ali inhibicija transkripcije specifičnih genov**);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Fiziološki učinki T₃ in T₄

107

- vse telesne celice imajo receptorje za ščitnične hormone**;
- čeprav niso absolutno nujni za življenje, imajo bistven vpliv na številne življenjske procese,
- številne funkcije ugotovljene na osnovi bolezni zaradi pomanjkanja ali presežka ščitničnih hormonov:
 - hipotiroidizem**: posledica pomanjkanja joda ali motenj v delovanju ščitnice (npr. avtoimunske bolezni);
 - hipertiroidizem** – posledica stalne stimulacije ščitnice (npr. Gravesova bolezen pri ljudeh);
 - golšavost** - povečanje ščitnice zaradi različnih vzrokov;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

108

- vplivi T₃/T₄ na metabolizem**: stimulacija različnih metaboličnih procesov → dvig stopnje bazalnega metabolizma → povečanje proizvodnje telesne toplote
 - metabolizem maščob**: mobilizacija maščob → dvig ravni MK v plazmi; pospešena oksidacija MK;
 - metabolizem ogljikovih hidratov**: stimulacija skoraj vseh procesov, npr. pospeševanje delovanja insulina (vstopanja glukoze v celice), glukoneogeneze, glikogenolize;
- vplivi T₃/T₄ na rast**: nujni za rast in normalen razvoj:
 - pomanjkanje ščitničnih hormonov → zaostajanje v rasti in duševnem razvoju (vplivi na razvoj možganov);
 - podpirajo delovanje GH → rast in razvoj telesa (skeleta in živčnega sistema),

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

109

- **vplivi T3/T4 na kardiovaskularni sistem:** povečanje frekvence srca, kontraktilnosti miokarda in minutnega volumna; pospešujejo vasodilatacijo → povečanje oskrbe organov s krvjo;
- **vplivi T3/T4 na centralni živčni sistem:** dvig ali padec koncentracije → spremembe duševnih stanj;
- **vplivi T3/T4 na reprodukcijski sistem:** nujni za normalne reprodukcijske procese;
 - deficit – pogosto neplodnost;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

1.2 KALCITONIN:

110

- peptidni hormon (32 AK);
- izločanje:
 - sesalci - parafolikularne (C) celice ščitnice,
 - tudi druga tkiva, npr. pljuča in prebavila;
 - ptice - ultimobranhialni organ,
- vloga: metabolizem Ca in P – ohranjanje homeostaze (uravnavanje koncentracije v krvi)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Delovanje kalcitonina:

111

- **zniževanje koncentracije Ca^{2+} v krvni plazmi (ob dvigu nad normalno vrednost);**
- mehanizem delovanja:
 - kosti – onemogoča resorpcijo kostnine (zavira delovanje osteoklastov),
 - ledvice – zavira reabsorpcijo Ca in P v ledvičnih cevkah (→ povečano izločanje z urinom);
- **uravnavanje sekrecije: najpomembnejši dejavnik – ekstracelularna koncentracija Ca^{2+} :**
 - dvig vrednosti → stimulacija sekrecije kalcitonina;
 - padec pod normalo → zaviranje sekrecije kalcitonina;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

112

2 HORMON OBŠČITNICE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Paratiroidni hormon (PTH)

113

- proteinski hormon (84 AK)
- **najpomembnejši hormonalni regulator koncentracij Ca in P v ekstracelularni tekočini (→VF06-02);**
- ciljne celice – v kosteh in ledvicah;
- uravnavanje izločanja – koncentracija Ca (in Mg v krvi):
 - padec Ca^{2+} v krvi pod normalno vrednost → nagel dvig koncentracije PTH

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

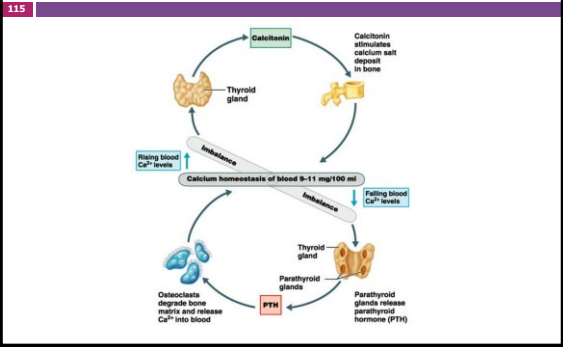
Fiziološki učinki PTH:

114

- **dvig plazemske koncentracije Ca^{2+} na normalno raven (ob padcu pod normalno);**
 - hkrati z dvigom Ca^{2+} - padec koncentracije P;
- **mehanizmi delovanja:**
 - mobilizacija Ca^{2+} iz kosti (stimulacija osteoklastov);
 - spodbujanje absorpcije Ca^{2+} v tankem črevesu;
 - aktivacija vitamina D3 v ledvicah → v epitelnih celicah črevesa nastajanje proteina, ki omogoča absorpcijo Ca^{2+} ;
 - zaviranje ekskrecije Ca^{2+} z urinom;
 - s stimulacijo tubularne reabsorpcije;
 - hkrati: stimulacija izločanja fosfatov z urinom!

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Delovanje PTH in kalcitonina pri uravnavanju koncentracije kalcija v krvi

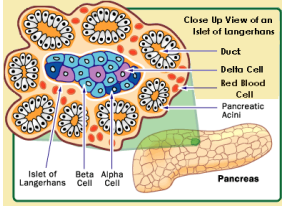


3 HORMONI TREBUŠNE SLINAVKE

116

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

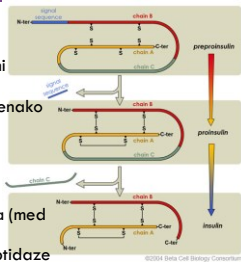
- 117
- endokrina vloga trebušne slinavke - Langerhansovi otočki:
 - α -celice - glukagon,
 - β -celice - inzulin,
 - δ - celice - somatostatin;
 - majhne količine drugih hormonov;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3.1 INSULIN:

- **zgradba:**
 - protein (MW ~ 6000 D);
 - 2 verigi, povezani z disulfidnimi mostički;
 - zaporedje AK pri vretenčarjih enako → **insulin ene vrste biološko aktiven pri drugih;**
- **Biosinteza** (v β -celicah):
 - prekurzor: preproinsulin;
 - odstranitev signalnega peptida (med prehodom na ER) → proinsulin;
 - odcepitev C peptida (endopeptidaze na ER) → "zrela" oblika insulina;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Mehanizmi sekrecije in delovanja insulina

119

- koncentracija glukoze v krvi $\uparrow \rightarrow$ izločanje insulina $\uparrow$;
- koncentracije glukoze v krvi $\downarrow \rightarrow$ izločanje insulina $\downarrow$
- **mehanizem delovanja:** povečanje števila prenosnikov za glukozo (GLUT-4) $\rightarrow$ pospešen vstop glukoze v celice;

(a) In the absence of insulin, glucose cannot enter the cell.

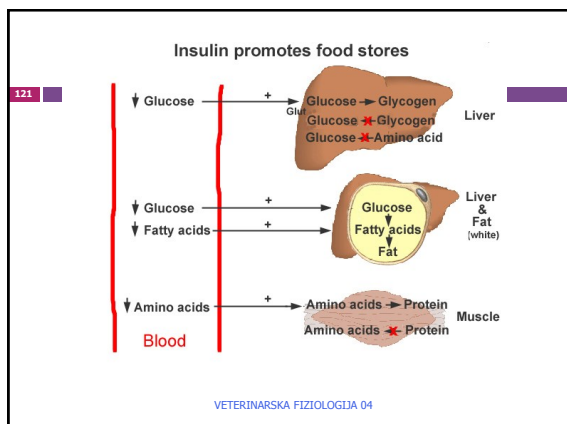
(b) Insulin binds to the receptor, activating a signal transduction cascade that leads to the translocation of GLUT 4 transport proteins to the cell membrane, allowing glucose to enter the cell.

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings. Fig. 22-12

Fiziološke vloge insulina ($\rightarrow$ VF06-01):

- 120
- ključna vloga pri uravnavanju intermediarnega metabolizma:
 - **OH:** pospešuje vstop glukoze v mišične, maščobne in druge telesne celice + shranjevanja glukoze v jetrih (sinteza glikogena);
 - celice jeter, možganov, mlečne žleze – sprejemanje glukoze ni odvisno od insulina!
 - **maščobe:** pospešuje sintezo MK v jetrih (ob velikih količinah glikogena v jetrih)
 - zavira razpad maščob v maščobnem tkivu, spodbuja vstopanje glukoze v maščobne celice $\rightarrow$ akumulacija maščob;
 - tudi vplivi na metabolizem beljakovin in mineralov;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04



Motnje v izločanju insulina:

122

- **pomanjkanje insulina → diabetes melitus** (sladkorna bolezen);
 - od insulina odvisni (tip I)
 - od insulina neodvisni (tip II):
- **povečano izločanje insulina:**
 - pogosto vezano na diabetes tipa II;
 - redkeje – posledica tumorjev pankreasa;
 - lahko – posledica neprimerne terapije z insulinom

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Type I and Type II Diabetes

123

	TYPE I	TYPE II
Insulin level	None or very low	Normal
Onset	Childhood	Adult
% Diabetics	10-20%	80-90%
Basic defect	Insulin dysfunction	Insulin resistance
Obesity?	No	Usually
Ketosis?	Yes	No
Treatment	Insulin injections, diet, exercise	Diet, weight loss, exercise, injections

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3.2 GLUKAGON:

124

- peptid (29 AK);
- sinteza: α -celice pankreasa (prekursor – proglukagon)
 - proglukagon nastaja tudi v prebavilih, kjer se pretvori v glukagonu podoben peptid (enteroglukagon).
- **pri vzdrževanju normalne koncentracije glukoze v krvi deluje nasprotno (antagonistično) insulinu;**
- **uravnavanje izločanja:**
 - padec koncentracija glukoze v krvi → izločanje glukagona se pospeši zviševanje koncentracije glukoze v krvi → izločanje glukagona se ustavi
 - **dvig koncentracije AK v krvi → izločanje glukagona (in insulina);**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Delovanje glukagona:

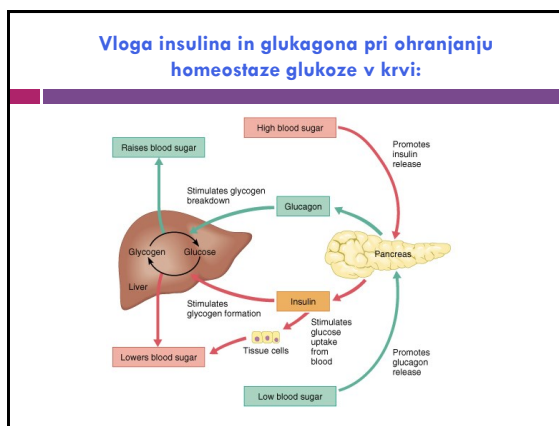
125

- glavni učinek: dvig koncentracije glukoze v krvi (ob padcu pod normalno vrednost);
- mehanizmi delovanja:
 - stimulira razpad glikogena v jetrih (aktivacija encimov, ki razgradijo glikogen v glukozo) → sproščanje glukoze v kri;
 - aktivira glukoneogenezo v jetrih (→ dodaten vir glukoze);
 - mehanizem pomemben predvsem pri prežvekovalcih in mačkah (ker je črevesna absorpcija glukoze majhna)

Glucagon catabolizes food stores

Blood

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

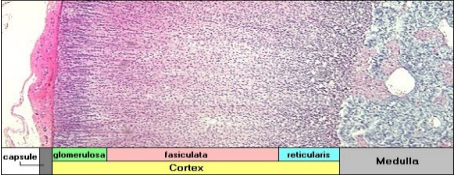


127

4 HORMONI NADLEDVIČNE ŽLEZE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Histološka zgradba in hormoni nadledvične žleze



capsule	glomerulosa	fasciculata	reticularis	Medulla
---------	-------------	-------------	-------------	---------

klobčičasta plast - MINERALOKORTIKOIDI

snopičasta plast - GLUKOKORTIKOIDI; SPOLNI HORMONI

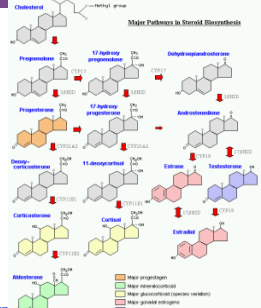
mrežasta plast – GLUKOKORTIKOIDI; SPOLNI HORMONI

sredica – KATEHOLAMINI (ADRENALIN, NORADRENALIN)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

4.1 HORMONI SKORJE NADLEDVIČNE ŽLEZE (= KORTIKOSTEROIDI)

- biosinteza steroidnih hormonov: →VF04-01
- glede na učinke:
 - mineralokortikoidi;
 - glukokortikoidi;
 - spolni hormoni



VETERINARSKA FIZ

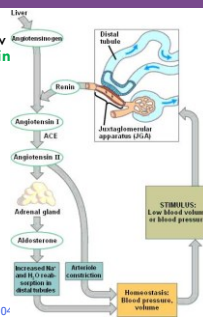
A) Mineralokortikoidi:

- glavni mineralokortikoid: **aldosteron**;
- šibko "mineralokortikoidno aktivnost" ima tudi kortizol,
- Vloga: regulacija koncentracije mineralov (predvsem Na in K) v ekstracelularni tekočini;**
- Mehanizem delovanja:**
 - celice distalnih ledvičnih kanalčkov - stimulira transkripcijo gena za Na-K ATPazo:
 - povečuje resorpcijo Na → izguba Na z urinom se zmanjša;
 - povečuje resorpcijo vode (zaradi povečane reabsorpcije Na) → povečanje volumna ekstracelularne tekočine
 - povečano izločanje K v ledvicah
 - podobni učinki tudi na žleze znojnice, slinske žleze in kolon
- končni učinek: zadrževanje vode v organizmu**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Upravljanje sekrecije aldosterona:

- zapletene interakcije med dejavniki, ki uravnavajo ravnotežje tekočin in elektrolitov v telesu ter krvni tlak (**sistem renin-angiotenzin aldosteron**);
- glavna dejavnika, ki **pospešujeta** izločanje:
 - koncentracija K⁺ v ekstracelularni tekočini (majhen dvig koncentracije → močna stimulacija);
 - angiotenzin II: aktivacija sistema renin-angiotenzin zaradi zmanjšane pretoka krvi skozi ledvice (zmanjšane V krvi /krv.tlaka);
- dejavniki, ki **zavirajo** izločanje aldosterona:
 - ANP (atrijski natrijski polipeptid);
 - visoka koncentracija Na;
 - deficit K.



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

B) Glukokortikoidi

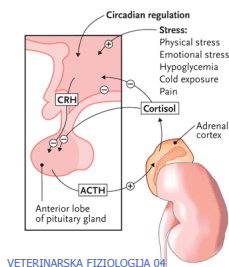
- nastajajo v snopičasti in mrežasti plasti skorje nadledvične žleze;
- najpomembnejši:
 - pri večini sesalcev – **kortizol (hidrokortizon)**;
 - pri glodalcih – **kortikosteron**;
- transport po krvnem obtoku:
 - transportne beljakovine (= **transkortin**) – neaktivna oblika (zaloge hormona v krvi);
 - ~10% v prosti (biološko aktivni) obliki;
- mehanizem delovanja:
 - vezava na glukokortikoidne receptorje v citoplazmi;
 - kompleks hormona in receptorja se premakne v jedro → **vpliv na transkripcijo genov → spremembe v celici**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Upravljanje izločanja glukokortikoidov:

133

- os hipotalamus – hipofiza – nadledvična žleza
(→VF04-02):



134

- **pospeševanje izločanja:** vse oblike fizičnega ali mentalnega stresa;
 - **Zato: določitev bazalnih vrednosti kortizola pri živalih precejšen problem!**
- **zaviranje izločanja** - mehanizem negativne povratne zveze;
- **kombinacija pozitivne in negativne kontrole izločanja CRH → izločanje v pulzih (cirkadiano):**
 - dnevne živali - najnižja koncentracija zvečer, najvišja v zgodnjih jutranjih urah;
 - nočne živali – obratno;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Fiziološki učinki glukokortikoidov

135

- **receptorje za glukokortikoide imajo vse telesne celice → številni učinki; najpomembnejši: vzdrževanje normalne koncentracije glukoze v krvi;**
- **Vplivi na metabolizem:**
 - **OH** → stimulacija glukoneogeneze v jetrih (mesojedi, nekateri rastlinojedi);
 - preprečevanje sprejemanja glukoze v mišicah in maščobnem tkivu;
 - **maščob:** pospeševanje lipolize;
 - MK - vir E, glicerol → glukoneogeneza;
 - **proteinov:** razgradnjo proteinov in mobilizacija AK iz izvenjetrnih tkiv (substrat za glukoneogenezo);
 - v jetrih **pospešujejo sintezo proteinov**

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

136

- **Sprožanje poroda**
 - med fetalnim razvojem (dozorevanjem plodu) – naraščanje hormonske aktivnosti → izločanje kortizola;
 - fetalni kortizol → sinteza progesterona v placenti se preusmeri na sintezo estrogen (govedo 25-30 dni, svinja 7-10 dni, ovca 2-3 dni pred porodom);
 - ↑ estrogenov → prostaglandin F2α (PGF-2α) ↑ – **ključni hormon za sprožanje poroda**;
- Vplivi na fetalni razvoj (npr. razvoj pljuč, produkcija surfaktanta),
- Vplivi na številne kognitivne procese (npr. strah),

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

- **učinki glukokortikoidov na vnetje in imunski odgovor:**

- močne protivnetne lastnosti, zavirajo imunski odgovor;
- → uporaba za zdravljenje različnih vnetij in preprečevanje alergij;
- v farmakoloških dozah – zaviralni vplivi na rast kosti, absorpcijo Ca, celjenje ran;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Endokrinopatije

138



- **Hiperadrenokortizem (Cushingov sindrom):**
 - povečana sinteza in izločanje glukokortikoidov;
 - poznan pri psih (povečan obseg trebuha, tanke noge, idr.) in konjih (nenormalna rat dlake)
- **Hipoadrenokortizem (Addisonova bolezen):**
 - pri ljudeh,
 - pri živalih redek (motnje v metabolizmu mineralov)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

4.2 HORMONI SREDICE NADLEDVIČNE ŽLEZE:

139

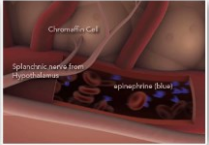
- **sredica nadledvične žleze sesalcev – modificiran simpatični ganglij**; sestava:
 - holinergični preganglijski živčni končiči in
 - kromafine celice – identične postganglijskim adrenergičnim nevromom;
- hormoni = **kateholamini**:
 - **adrenalin (epinefrin)** - glavni kateholamin pri večini sesalcev
 - **noradrenalin (norepinefrin)**;
 - nastanek: fenilalanin → tirozin → dopamin → nAdr → Adr (→VF04-02)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Mehanizem delovanja

140

- izločanje iz citoplazemskih zrn kromafinih celic pod vplivom Ach (iz preganglijskih simpatičnih vlaken, ki oživčujejo sredico);
 - dražljaji za izločanje – "stresorji", npr. fizični napor, hipoglikemija, poškodbe;
- transport po krvi:
 - rahlo vezava na albumine (verjetno tudi druge serumske proteine);
- **vezava na adrenergične receptorje (na P ciljnih celic) – identični učinek kot stimulacija simpatičnega NS**;
 - **razlika: učinek hormonov je dolgotrajnejši**;
 - hormoni lahko (po krvi) dosežejo celice, ki jih simpatikus ne oživčuje;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Fiziološki učinki kateholaminov (→VF02-03)

141

- **omogočajo odgovor organizma na stres**;
- **udarni in minutni volumen srca ↑ (β1-receptorji!)**
- **vazomotorni učinki**:
 - α-receptorji → arterijska vazokonstrikcija (→ krvni tlak ↑);
 - β2-receptorji v srcu in skeletnih mišicah → vazodilatacija (prekrvitev tkiv ↑);
- bronhodilatacija (→ izboljšanje pljučne ventilacije);
- pospešena lipoliza, glikogenoliza → vir E;
- povečanje bazalnega metabolizma (poraba kisika ↑ in produkcija toplote ↑);
- razširitev zenic (izboljšanje vida);
- zaustavitev sekrecije prebavnih sokov in gibanja prebavil;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Odgovor "fight-or-flight"

142



```
graph TD
    Hypo[Hypothalamus] --> Symp[activates sympathetic nervous system]
    Hypo --> Adrenal[activates adrenal-cortical system by releasing CRF]
    Symp --> Imp[Impulses activate glands and smooth muscles]
    Symp --> NE[releases norepinephrine]
    Symp --> EP[releases epinephrine]
    Adrenal --> Med[activates adrenal medulla]
    Med --> NE
    Med --> EP
    Adrenal --> Pit[pituitary gland secretes hormone ACTH]
    Pit --> ACTH[ACTH arrives at adrenal cortex and releases approximately 30 hormones]
    NE --> BT[bloodstream]
    EP --> BT
    ACTH --> BT
    Imp --> NA[neural activity combines with hormones in the bloodstream to constitute fight-or-flight response]
    BT --> NA
```

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

143

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

144

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

145

5 HORMONI SPOLNIH ŽLEZ

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Spolne žleze:

146

- pri samicah - jajčniki / ovariji (v trebušni votlini);
- pri samcih - moda / testisi :
 - pri domačih sesalcih v skrotumu ali mošnjih,
 - pri pticah v trebušni votlini;
- pri obeh spolih izločajo:
 - spolne hormone,
 - spolne celice.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Spolni hormoni:

147

- **splošni učinki spolnih hormonov:**
 - vplivajo na spolne organe,
 - vplivajo na rast in razvoj celotnega telesa (presnova),
 - vplivajo na pojav telesnih znakov, značilnih za posamezni spol (sekundarni spolni znaki),
 - vplivi na obnašanje;
- **razdelitev spolnih hormonov**
 - moški spolni hormoni (androgeni)
 - ženski spolni hormoni
 - estrogeni
 - gestageni

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

5.1 MOŠKI SPOLNI HORMONI (ANDROGENI)

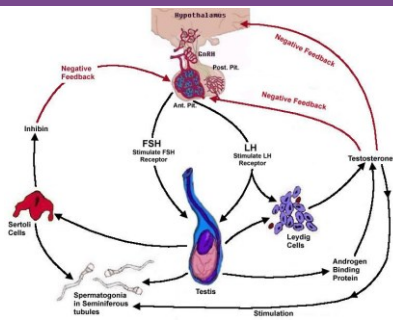
148

- v **Leydigovih celicah** mod
 - (tudi v skorji nadledvične žleze)
- uravnavanje sinteze: hipotalamo-hipofizno-testikularna os (mehanizem negativne povratne zveze) → **VF04-02**
- glavni androgeni hormon – **testosteron**;
- ostali androgeni hormoni (manjši biološki učinek):
 - dehidroepiandrosteron (DHEA);
 - androstendion;
 - androstendiol;
 - androsteron;
 - dihidrotestosteron;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Mehanizmi uravnavanja in delovanja testosterona

149



Fiziološke vloge testosterona:

150

- **vloga pri reprodukciji:**
 - vpliv na rast semenskih kanalčkov,
 - pospeševanje spermatogeneze,
 - pospeševanje razvoja prostate in drugih akcesornih spolnih žlez,
- **vpliv na razvoj sekundarnih spolnih znakov:**
 - oblika in velikost telesa (samci so višji in bolj mišičasti),
 - rast grive, rogov, rože oz. ostrag (petelini),
 - testosteron pospešuje okostenevanje diafizne plošče in s tem zaustavljanje rasti;
 - ker se puberteta pojavi pri samci kasneje kot pri samicah samci rastejo nekoliko dalj časa;
 - kastrati so višji kot samci)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

151

- **vplivi na obnašanje:**
 - obnašanje v času parjenja
 - akt parjenja (erekcija in ejakulacija)
 - agresivnost
- **vplivi na metabolizem:**
 - pospeševanje oksidacijskih procesov
 - pospeševanje sinteze beljakovin predvsem v mišicah (anabolični učinek)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

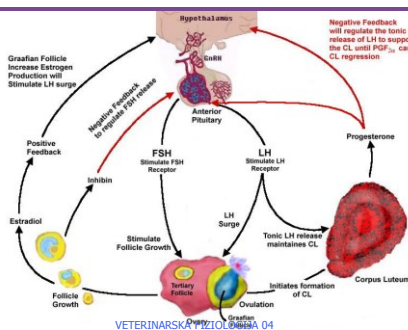
5.2 ŽENSKI SPOLNI HORMONI

- **Estrogeni hormoni** - izločanje:
 - v jajčnikovem foliklu (v jajčniku pod vplivom FSH in deloma tudi LH)
 - v placenti;
 - pomembnejši estrogeni:
 - 17 β -estradiol (pri nebreglih samicah)
 - estron (pri breglih samicah), estriol; ekvilin in ekvilinin (kobile)
- **Gestageni hormoni** - izločanje:
 - v rumenem telesu (na mestu ovulacije folikla);
 - v placenti (predvsem pri kobilah, ovci in psi);
 - najpomembnejši gestagen – **progesteron**;
- **uravnavanje sinteze:** hipotalamo-hipofizno-ovarialna (mehanizem negativne povratne zveze) → VF04-02

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Mehanizmi uravnavanja sinteze in izločanja ženskih spolnih hormonov

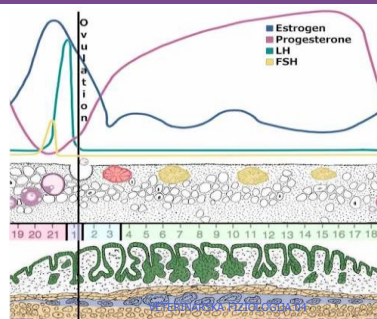
153



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

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

154



A) Delovanje estrogenov:

155

- **vplivi na rast in razvoj:**
 - razvoj ženskih spolnih organov,
 - razvoj sekundarnih ženskih spolnih znakov,
 - vpliv na razvoj mlečnega tkiva in kanalčkov v mlečni žlezi,
 - zaustavljanje rasti kosti (v manjši meri kakor androgeni);
- **vloga pri reprodukciji:**
 - pospeševanje razvoja maternične sluznice in njene priprave na sprejem zarodka (proliferacijska faza)
 - pospeševanje nastajanja prostaglandinov F2 α (PG-F2 α)
- **vplivi na metabolizem:**
 - pospeševanje proteinskega metabolizma – anabolični učinek (v manjši meri kakor androgeni),

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

B) Delovanje gestagenih hormonov:

156

- vpliv na razvoj maternične sluznice (sekretorna faza) - zaključna priprava na sprejem oplojenega jajčeca,
- zviševanja praga vzdražljivosti gladkih mišic maternice → slabša krčljivost (omogoča nemoten potek brejosti),
- vpliv na obnašanje breglih živali,
- vpliv na obnašanje v času gonitve (pri ovcih in psih),
- vpliv na razvoj vimena.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

5.3 DRUGI HORMONI SPOLNIH ŽLEZ

- 157
- **inhibin in aktivin** (v jajčniku in modih, tudi v hipofizi, verjetno tudi v drugih tkivih):
 - inhibin zavira izločanje FSH in pospešuje steroidogenezo, proliferacijo celic;
 - aktivin deluje obratno (pospešuje izločanje FSH = FSH sproščujoči hormon);
 - **folistatini:**
 - nastajajo v folikularnih celicah in zavirajo izločanje FSH.
 - **antimüllerjev hormon:**
 - glikoprotein, ki nastaja v fetalnem testisu;
 - povzroča regresijo Müllerjevih vodov;
 - vloga pri odraslih in samicah ni znana.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

158

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

159

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

160

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

161

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

162

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

163

VF04-04 ORGANI IN TKIVA S HORMONALNIM DELOVANJEM

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

164

1 HORMONI PLACENTE

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Placenta:

165

- povezava med materjo in zarodkom, ki omogoča preživetje zarodka:
 - preskrbo s HS snovmi in O_2 ,
 - odstranjevanje produktov presnove in CO_2 ,
 - organ z notranjim izločanjem;
- hormoni placente so:
 - **gonadotropni hormoni** (horijski gonadotropini, horijski somatotropini);
 - **relaksin**;
 - **estrogeni in gestageni** (placenta prevzame funkcijo rumenega telesa pri vzdrževanju brejosti – ovce, kobile, mačke)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

1.1 Placentalni gonadotropni hormoni

166

- učinki:
 - **luteotropni** → razvoj in vzdrževanje rumenega telesa, nastajanje progesterona → ohranjanje brejosti;
 - **laktogeni, somatotropni** → razvoj mlečne žleze;
- glavni predstavniki:
 - humani horijski gonadotropin (*Human Chorion Gonadotrophin, HCG*);
 - kobilji horijski gonadotropin (*Equine Chorionic Gonadotropin, eCG*),
 - humani horijski somatotropin (placentalni laktogen, HPL):

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

1.2 Relaksin

167

- polipeptidni hormon;
- Sinteza:
 - placenta: psica, mačka, kobila;
 - rumeno telo: svinje, krave, primati;
 - pri samcih - prostata
- Vloga med brejostjo in porodom:
 - vzdrževanje brejosti (sinergizem s progesteronom);
 - proti koncu brejosti koncentracija narašča (posledica luteolize in padca koncentracije progesterona zaradi PGF- 2α) → **pospešuje procese demineralizacije pred porodom** → ohlapnost vezi in mišic, ki obdajajo medenični obroč → širjenje porodne poti;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

1.3 Placentalni progesteron

168

- primati: izločanje iz placente od 3. tedna po vgnezditvi zarodka;
- govedo, koze, svinje: placenta **nikoli** ne tvori toliko progesterona, da bi pomembneje vplival na brejost;
 - za ohranjanje brejosti – progesteron iz rumenega telesa.
- **vrste, pri katerih funkcijo rumenega telesa med brejostjo prevzame placenta :**
 - ovca: ~50. dan brejosti;
 - kobila: ~70. dan brejosti;
 - mačka: ~45. dan brejosti;
 - v prehodnem obdobju – nevarnost abortusa!!!!

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

1.4 Placentalni estrogeni

169

- pri večini domačih živali - pred porodom:
 - govedo, kobilica: 25-30 dni,
 - drobnica: 2-3 dni,
 - svinja: 7-10 dni,
- **delovanje placentalnih estrogenov:**
 - pospeševanje rasti in razvoja gladkih mišic maternice,
 - pospeševanje sinteze PGF-2 α (vpliv na encim fosfolipazo A),
 - pospeševanje nastanka oksitocinskih receptorjev.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2 ČREVESNI HORMONI (ENTEROHORMONI)

170

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Črevesni hormonalni sistem (→VF05-01)

171

- največji endokrini organ v telesu:
 - črevesne endokrine (in parakrine) celice - razpršene med epitelinimi celicami sluznice želodca, tankega črevesa, trebušne slinavke
 - hormoni se izločajo pod vplivom specifičnih dražljajev - sprememb sestave vsebine prebavne cevi;
- vsak tip črevesnih endokrinih celic – v določenem delu prebavil → regulatorne molekule se izločajo samo v specifičnih področju
- črevesni hormoni vplivajo na različne funkcije prebavil
- pogosto sestavni del mehanizmov povratne zveze;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Črevesni hormoni

172

- polipeptidni hormoni, ki jih sintetizirajo in izločajo:
 - posebne celice v prebavnem sistemu,
 - živčni končiči v prebavilih,
 - nevroni v CNS;
- uravnavanje izločanja:
 - avtonomni živčni sistem in
 - kemične snovi v hrani
- delovanje:
 - v črevesju - urejajo nekatere prebavne procese (gibanje črevesja, izločanje prebavnih snovi)
 - v CNS - delujejo kot nevrottransmiterji

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Razdelitev enterohormonov:

173

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> □ gastrinska skupina: <ul style="list-style-type: none"> □ gastrin, □ holecistokinin (CCK); □ sekretinska skupina: <ul style="list-style-type: none"> □ sekretin, □ gastrični zaviralni polipeptid (GIP), □ vazoaditivni intestinalni polipeptid (VIP), □ enteroglukagon; | <ul style="list-style-type: none"> □ Drugi enterohormoni: <ul style="list-style-type: none"> □ motilin, □ P-substanca, □ nevrotenzin, □ bombezin/GRP (gastrin sproščujoči polipeptidi), sovažin; □ galanin, □ grelin. |
|--|--|

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.1 Gastrin

174

- peptidni hormon - več kemičnih oblik:
 - mini gastrin, gastrin I in II (17 AK),
 - veliki gastrin (34 AK), tetragastrin, pentagastrin
- Izločanje
 - G-celice v pilorusu in duodenumu → kri, okolna tkiva, svetlina želodca;
 - peptidgergična vlakna n. vagusa (v črevesju in CNS)

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Glavne naloge gastrina:

175

- pospeševanje izločanja:
 - solne kisline, vode in elektrolitov v želodcu,
 - z encimi bogatega pankreasnega soka,
 - vode in elektrolitov iz Brünnerjevih žlez,
 - inzulina, acetilholina, somatostatina, pankreasnega polipeptida,
- pospeševanje rasti želodčne sluznice,
- pospeševanje absorpcije vode in elektrolitov v črevesju,
- pospeševanje krčenj mišice zapiralke v požiralniku, črevesja in žolčnika,
- popuščanje zapiranja pilorusnega, ileocekalnega in Oddijevega sfinktra (papila duodeni),
- zmanjševanje absorpcije glukoze iz jejunuma.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.2 Holecistokinin

176

- Izločanje:
 - I-celice (CCK celice) v prebavilih
 - živčni končiči
 - Auerbachovega in Meissnerjevega živčnega pleteža,
 - okoli Langerhansovih otočkov,
 - v sečnem mehurju,
 - v distalnem delu uterusa;
- vloge v prebavilih:
 - pospeševanje izločanja gostega pankreasnega soka,
 - vpliv na krčljivost gladkih mišic žolčnega mehurja, Oddijevega sfinktra in črevesne stene,
 - vpliv na sekrecijo Brünnerjevih žlez,
- v možganih - vloga nevrotansmitterja.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.3 Sekretin

177

- Izločanje: S-celice v dvanaestniku in sprednjih področjih dvanaestnika;
- Vloga:
 - pospeševanje izločanja redkega pankreasnega soka,
 - pospeševanje izločanja žolča.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.4 GIP (gastrični inhibitorni peptid)

178

- izločanje: K-celice
- vplivi na izločanje:
 - drugi enterohormoni,
 - VNS (vagus pospešuje, simpatikus zavira izločanje);
- vloge v črevesju:
 - zaviranje:
 - izločanja in gibanja želodca,
 - tonusa v mišici zapiralki požiralnika,
 - pospeševanje:
 - izločanja inzulina in glukagona,
 - izločanja v tankem črevesju,
 - cirkulacije v mezenteriju,
 - aktivnosti encima lipoproteinske lipaze.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.5 VIP (vazoaktivni intestinalni polipeptid)

179

- mesta izločanja:
 - celice D1 v črevesju,
 - periferni živčni končiči,
 - nevroni v osrednjem živčevju (vipergična vlakna);
- učinki v prebavilih:
 - lokalna vazodilatacija in hipotenzija, relaksacijo gladkih mišic,
 - pospeševanje izločanja:
 - črevesnega soka, redkega pankreasnega soka, žolča;
 - glukagona, somatostatina, rastnega hormonaprolaktina in LH
 - pospeševanje glikogenolize in lipolize;
 - zaviranje izločanja solne kisline
- v živčnem sistemu - vloga nevrotansmitterja;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.6 Nevrotenzin

180

- Izločanje:
 - N-celice (pospešujejo ga maščobe v hrani);
 - + več frakcij nevrotenzinu podobnih polipeptidov)
- Učinki v prebavilih:
 - zaviranje /zmanjševanje:
 - tonusa v požiralnikovem sfinktru,
 - izločanja solne kisline in pepsina v želodcu,
 - praznjenja želodca in črevesne peristaltike

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.7 Motilin

181

- izločanje:
 - motilinske celice
 - nevroni v mišični steni požiralnika, želodca, tankega črevesa, kolona in žolčnika
 - nevroni v osrednjem živčevju (hipofizi, hipotalamus, skorja velikih možgan, v mali možgan, češarika)
- delovanje:
 - pospešuje:
 - motorično aktivnost želodca;
 - prenos kalcija v mišice prebavil;
 - na mišice zunaj prebavil ne učinkuje.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.8 Snov P

182

- izločanje
 - v prebavilih posebne celice in nevroni mienteričnega in submukoznega pleteža,
 - v nevronih kože, dihal, v urogenitalnem sistemu in nekaterih žlezah z zunanjim izločanjem.
- biološki učinki v prebavilih:
 - krčenje krožnih in vzdolžnih mišic v prebavilih,
 - pospeševanje izločanja sline in pankreasne amilaze;
 - zaviranje izločanja redkega pankreasnega soka in gibanja žolčnika;
- učinki na endokrini sistem:
 - zaviranje izločanja insulina
 - pospeševanje izločanja GH, prolaktina in LH
 - sproščanje ali zaviranje sekrecije hormonov hipotalamusa
- učinki v CNS: nevrottransmitter oz. nevromodulator.
 - vloga pri prenosu bolečine (nociceptivni učinek),

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.9 Bombezini

183

- **gastrin sproščujoči peptidi** (bombezin in bombezinu podobni peptidi; gastrin releasing poliptide – GRP)
- pri sesalcih – sekrecija v nevronih črevesja in CNS (hipotalamus);
- vloge v prebavilih:
 - pospeševanje izločanja: gastrina, gostega pankreasnega soka, insulina, glukagona, drugih črevesnih hormonov (CCK, motilina, GIP, VIP, nevrotenzina, enteroglukagona),
 - pospeševanje krčenja želodca.
 - zaviranje: hranjena in pitja, sekrecije HCl (centralna inhibicija);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

184

- Vplivi na endokrini sistem:
 - pospeševanje izločanja: prolaktina in GH iz hipofize, ACTH,
 - zaviranje izločanja: PTH iz obščitnice,
- Vpliv na gladke mišice:
 - pospeševanje krčenja,
- Vplivi na živčni sistem:
 - nevrottransmitter, centralni hipotermični agens,
- Vpliv na rast in razvoj:
 - mitogeni učinki, rastni faktorji pri embrionalnem razvoju pljuč

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.10 Enteroglukagon

185

- (glicentin, *glucagonlike immunoreactive factor, GLI-factor*)
- MW = 11.000;
- sestava drugačna kakor glukagon,
 - ima enako N-terminalno skupino in nekatere sorodne aktivnosti kakor glukagon (zviševanje konc. glukoze).
- majhne količine so ugotovljene tudi v A-celicah pankreasa.
- ugotovljen je tudi v CNS.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.11 Galanin

186

- polipeptid (29 AK);
 - imenovan po glicinu in alaninu;
 - centralni in periferni nevroni - v nevrosekretornih zrncah;
- Učinki
 - gibanje gastrointestinalnega trakta (krčenje gladkih mišic);
 - relaksacija ali kontrakcija odvisni od vrste receptorjev (razlike med tkivi in vrstami živali),

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

2.12 Ghrelin

- 187
- polipeptid želodca in tankega črevesja;
 - stimulacija izločanja: stradanje.
 - izloča se tudi v hipotalamusu (pospešuje izločanje rastnega hormona in hranjene);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3 ENDOKRINA VLOGA LEDVIC

188

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

- 189
- Poleg urejanje količine vode, soli in drugih homeostatskih vlog imajo ledvice tudi endokrino vlogo – sinteza hormonov:
 - eritropoetin,
 - renin,
 - +
 - vitamina D

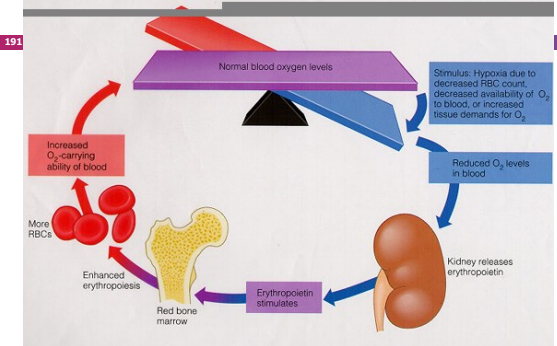
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3.1 Eritropoetin – EPO (→ VF07-02)

- 190
- glavni dejavnik, ki stimulira proizvodnjo Er (delitev hemocitoblastov v rdečem kostnem mozgu) ob pomanjkljivi oskrbi tkiv z O₂ (hipoksija /zmanjšanje delnega tlaka kisika);
 - Sinteza EPO:
 - ledvice (endotelijske celice peritubularnih kapilar);
 - ~10% EPO – iz jeter (sinteza EPO med embrionalnim razvojem!);
 - Pospešujejo jo adrenalin, noradrenalin in prostaglandini;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

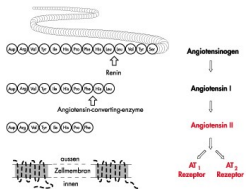
Erythropoietin mechanism for regulating the rate of erythropoiesis (Figure 18.6)



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

3.2 Renin

- 192
- vloga: sodeluje v sistemu renin-angiotenzin-aldosteron (→ VF04-03) → urejanje krvnega tlaka
 - Mehanizem delovanja: proteolitični encim
 - sinteza in izločanje - celice jukstaglomerularnega aparate (mezenhimske) ledvic:
 - padeč krvnega tlaka < 90 mm Hg → zmanjšan pretok krvi skozi ledvice → draženje mehanoreceptorjev, kemoreceptorjev v maculi densi → renin ↑;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

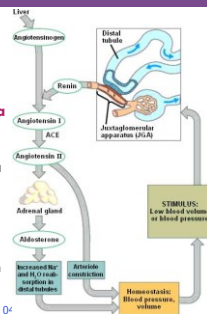
Sistem renin – angiotensin - aldosteron:

193

učinki angiotenzina II:

- ▣ krčenje krvnih žil → dvig sistema krvnega tlaka in pretoka krvi skozi ledvice;
- ▣ pospeši sintezo in izločanje **aldosterona** iz nadledvične žleze → reabsorpcija Na^+ v distalnih tubulih: → zadrževanje vode v krvnem obtoku → dvig krvnega tlaka
- ▣ pospeši sintezo in izločanje **vazopresina** iz nevrohipofize;
- ▣ dvig krvnega tlaka → povečanje pretoka krvi skozi ledvice → renin ↓

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04



194

4 ENDOKRINA VLOGA OBTOČIL

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

195

srce: **atrijski natriuretični polipeptid (ANP):**

- ▣ krvne žile: **hormoni žilnega endotela (Endothelium-derived vasoactive substances):**
 - ▣ PGI2 – prostaciklin
 - ▣ EDRF (endothelium-derived relaxing factor = NO)
 - ▣ EDHF (endothelium-dependent hyperpolarizing factor)
 - ▣ endotelin-1

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

196

4.1 Atrijski natriuretični (poli)peptid - ANP

- ▣ Sinonimi: aurikulin, kardionatrin, kardiodilatin, atriopentin, atrijski natriuretični hormon (ANH), atrijski natriuretični faktor (ANF);
- ▣ nastajanje:
 - ▣ kardiomiociti (mioendokrine celice): preddvori > prekatih
 - ▣ druga tkiva (koncentracija nižja kot v atriju):
- ▣ **Učinki ANP:**
 - ▣ natriureza (zaviranje reabsorpcije natrija),
 - ▣ uravnavanje krvnega volumna in s tem krvnega tlaka,
 - ▣ vpliv na delovanje srca,
 - ▣ vazodilatacija,
 - ▣ vpliv na jemanje vode in soli (preko vpliva na možgane);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

4.2 Hormoni žilnega endotela

197

vloge endotela krvnih žil:

- ▣ mehanična zaščita endotela, prepustnost žil;
- ▣ endokrini, parakrini, avtokrini organ → snovi, ki jih izloča, sodelujejo pri odpravljanju posledic poškodb ožilja in pri uravnavanju pretoka krvi;
- ▣ na izločanje vplivajo:
 - ▣ spremembe v toku in tlaku krvi,
 - ▣ spremembe v parcialnem tlaku kisika (P_{O_2}),
 - ▣ nekatere hormonske in nehormonske snovi.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

198

A) Endotelini

- ▣ skupina polipeptidov (ET-1, ET-2, ET-3), iz 21 AK;
- ▣ nastajajo v različnih tkivih, endotelne celice sintetizirajo le ET-1;
- ▣ stimulacija sinteze:
 - ▣ humoralni faktorji (trombin, angiotenzin II, vazopresin, adrenalin, citokini (npr. IL-1, TNF α), inzulin);
 - ▣ mehanični dejavniki: turbulentni tokovi krvi,
 - ▣ kemični dejavniki: hipoksija;
- ▣ delovanje:
 - ▣ vazodilatacija ali vazokonstrikcija (odvisno od vezave na receptorje in medsebojnih učinkov);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

B) Endotelni sproščujoči faktorji

199

- *Endothelium-Derived Relaxing Factor, EDRF*;
- proteinske (CNP) ali neproteinske snovi (prostaglandini, NO), ki povzročajo vazorelaksacijo;
- najpomembnejši EDRF: **dušikov(II)oksid (NO)**
- biološki učinki NO:
 - relaksacija gladkih mišic v žilah;
 - urejanje tonusa in preoblikovanje stene krvnih žil;
 - zavira delovanje trombocitov;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

200

5 HORMONALNA VLOGA BELEGA MAŠČOBNEGA TKIVA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

201

- vloge belega maščobnega tkiva (že dolgo znane):
 - mehanična zaščita notranjih organov,
 - termoizolacija,
 - energetska vloga – depo triacilglicerolov;
- **vir številnih endokrinih in parakrinih signalnih molekul (= adipokini)**,
 - pomembni pri uravnavanju različnih fizioloških in metaboličnih procesov;
 - kemijska struktura: večinoma proteini, tudi steroidi in eikosanoidi;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

202

- zaradi pomembnosti raziskav debelosti – stalno odkrivanje novih predstavnikov;
- glavni adipokini (endokrino delovanje):
 - leptin,
 - adiponektin, resistin,
 - visfain, vaspin;
- maščobno tkivo izloča tudi številne faktorje z avtokrinim in parakrinim delovanjem, ki sodelujejo pri:
 - sprejemanju in transportu lipidov (npr. lipoprotein lipaza),
 - obrambnem odgovoru organizma (različni citokini),
 - delovanju krvnega obtoka in živčevja (apelin, različni rastni faktorji),

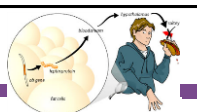
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

5.1 LEPTIN

203

- (gr. *leptos* – suh, vitek);
- proteinski hormon (16 kDa);
- **primarni vir: maščobno tkivo → stopnja njegove sekrecije odvisna od količine telesne maščobe;**
- leptinski receptorji:
 - jetra, skeletne mišice, pankreas, skorja nadledvične žleze → direkten učinek;
 - nekatera področja CNS, npr. jedra hipotalamusa → vpliv na izločanje neurotransmiterjev, neuropeptidov in hormonov → vplivi na različne fiziološke in metabolične procese;
- aktivacija leptinskih receptorjev povzroči:
 - inhibicijo apetit spodbujajočih peptidov (npr. neuropeptida Y),
 - aktivacijo in sintezo peptidov za sitost (npr. pro-opiomelanokortin);

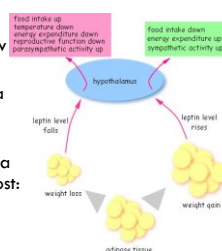
VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04



Fiziološka vloga leptina (→VF05-02)

204

- indikator prehrabnega stanja organizma → CNS obvešča o statusu telesnih energetskih rezerv in njihovem ravnotežju:
- pozitivno → koncentracija leptina ↑ → preprečuje čezmerno kopičenje telesnih maščob;
- negativno → koncentracija leptina ↓ → adaptacije na podhranjenost:
 - spodbuja hranjenje,
 - zmanjša porabo E in
 - zavira reprodukcijsko aktivnost;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Vloga leptina pri reprodukcijskih procesih:

- 205
- najprej dokazana pri miškah brez gena za ekspresijo leptina (ob/ob):
 - sterilne → po aplikaciji leptina začetek reprodukcijske aktivnosti;
 - mehanizmi delovanja leptina:
 - v hipotalamusu vpliva na ekspresijo neuropeptida Y (NPY), ki uravnava izločanje GnRH;
 - receptorji tudi v jajčnikih, modih in maternici → direktni učinki leptina;
 - večina živali: stradanje (nezadostna prehrana) → padec koncentracije leptina → zmanjšanje izločanja GnRH → inhibicija reprodukcijske aktivnosti (začetka pubertete oz. sezonske reprodukcijske aktivnosti pri obeh spolih);
 - živali s sezonsko reprodukcijsko aktivnostjo: vplivi melatonina na občutljivost hipotalamusa za leptin;

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

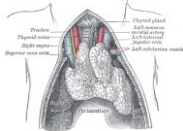
206

6 HORMONALNA VLOGA TIMUSA

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Timus (priželjc):

- 207
- dve funkcionalni področji:
 - 1 – dozorevanje T-limfocitov;
 - 2 – izločanje timusnih hormonov;
 - po puberteti – involucija (zaradi vplivov spolnih hormonov)
 - izloča vsaj 10 hormonov; najpomembnejši:
 - timozin α (ali α),
 - timozin β (ali β),
 - timozinska frakcija 5,
 - timopoetin,
 - timusni humoralni faktor,
 - serumski timusni faktor;



VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Vloga timusnih hormonov:

- 208
- predvsem za celično in humoralno imunsko odzivnost:
 - olajšujejo nastanek predhodnikov T-celic v kostnem mozgu;
 - uravnavajo delitev na citotoksične, supresorske in pomagalske celice v timusu,
 - aktivirajo odrasle T-celice v vranici in limfnih vozlih,
 - aktivirajo celice ubijalke in pospešujejo odpuščanje citokinov iz makrofagov in T-celic pomagalk

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

209

7 FEROMONI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

- 210
- **Feromoni: kemične snovi, ki omogočajo stike med živalmi preko vonjalnega (olfaktornega) sistema (Jacobsonov organ);**
 - pri domačih živalih:
 - nekateri feromoni kemično čiste snovi,
 - drugi mešanice različnih kemičnih snovi (npr. maščobne kisline v urinu) .
 - izvirajo iz različnih tkiv oz. organov; najpomembnejši:
 - žleze lojnice (dišavne),
 - spolni organi in
 - urinski sistem.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Razdelitev feromonov glede na vlogo

211

- a) spolni feromoni:
- za privabljanje samcev: kemične snovi v vaginalnih izcedkih samic v proestrusu in estrusu,
 - za privabljanje samic: npr. androstenol in androstenon - merjasec ju izloča s slino;
 - ugotovljena tudi v tartufih, v človeškem urinu in znoju.
- b) feromoni z vplivom na razvoj
- merjasec v skupini nedoraslih puijskov → pospešen začetek pubertete;
- c) feromoni za zaznamovanje področja
- pri psih in številnih vrstah divjih živali
 - najpogostejše – uriniranje ali iztiskanje vsebine dišavnih žlez na predmete v okolici.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

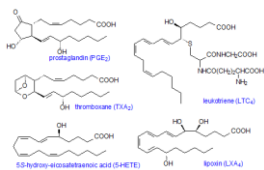
212

8 EIKOSANOIDI IN PROSTAGLANDINI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

213

- prostaglandine uvrščamo med eikosoide (→VF04-01),
- ugotovljeni v številnih tkivih - delovanje:
- večinoma na mestu, kjer nastajajo (avtokrino delovanje)
 - nekateri – s krvjo potujejo do ciljnih organov.



214

Vloge eikosanoidov pri fizioloških in patofizioloških procesih

- strjevanje krvi (tromboksani),
- urejanje procesov spanja in budnosti,
- vnetni odgovor organizma (levkotrieni in hidroksimažobne kisline),
- nastanek bolečine,
- nastanek povišane telesne temperature,
- urejanje krvnega tlaka,
- vplivi na presnovo glukoze (izločanje inzulina /glukagona - ↓ / ↑);
- vplivi na ščitnico (↑ delovanje TRH → ↑ sinteze T4)
- vloga v reprodukciji (PGF-2α):
 - sodelovanje z LH pri ovulaciji;
 - regresija CL → prehod v naslednji pojavni cikel;
 - sprožanje poroda (sinteza v maternici brejih živali);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

215

9 CITOKINI IN RASTNI FAKTORJI

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

216

- proteini, oz. glikoproteini ($M_r = 15 - 30 \times 10^3$);
- proizvajajo in izločajo jih različne celice v telesu;
 - po prvotnih spoznanjih predvsem imunske;
- po izločanju delujejo avtokrino, parakrino ali endokrino na ciljne organe;
 - razpolovni čas zelo kratek → delovanje kratkotrajno;
- med citokini in rastnimi faktorji ni jasne razlike, tudi poimenovanje in razdelitev nista enotni;
 - nekateri avtorji uvrščajo rastne faktorje med citokine, drugi pa citokine med rastne faktorje.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Vplivi citokinov na organizem

217

- aktivnost imunskega sistema pri obrambi pred bakterijami, virusi, paraziti in tumorskimi boleznimi,
- procesi vnetja,
- povezave znotraj imunskega sistema,
- povezava med imunskim, živčnim in endokrinim sistemom,
- rast, brstenje in diferenciacija celic v tkivnih kulturah in v organizmu.

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

Klasifikacija citokinov in rastnih faktorjev

218

- interferoni,
- interleukini (IL),
- TNF α (Tumor Necrosis factor; kahektin),
- insulinu podobni rastni faktorji (Insulin like growth factor, IGF),
- epidermalni rastni faktor (Epidermal growth factor, EGF),
- trombocitni rastni faktor (Plateletderived Growth Factor, PDGF),
- fibroblastni rastni faktor (Fibroblast Growth Factor, FGF),
- kolonije stimulirajoči faktorji (Colony Stimulating Factors, CSF),
- granulocite in makrofage stimulirajoči faktor (GM-CSF),
- granulocite stimulirajoči faktor (GCSF),
- makrofage stimulirajoči faktor (MCSF),
- pretvorbeni rastni faktorji (Transforming Growth Factors, TGF);

VETERINARSKA FIZIOLOGIJA 04

LITERATURA

Cunningham JG. Textbook of Veterinary Physiology. 4th ed. Philadelphia: Saunders, 2010.

Dukes HH, Reece WO. Dukes' physiology of domestic animals. 12th ed. Ithaca: Cornell, 2004

Frandsen RD, Wilke WL, Fails AD. Anatomy and Physiology of Farm Animals. 6th ed. John Wiley & Sons, 2009.

Guyton AC, Hall JE. Medical Physiology. 10th ed. Saunders, 2000

Hinchcliff KW, Kaneps AJ, Geor RJ. Equine sports medicine and surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete. Saunders, 2004.

Nussey SS., Whitehead SA. Endocrinology: An Integrated Approach. Taylor & Francis, 2001

Randall D, Warren W, Burggren WW, French K. Eckert Animal Physiology. 5th ed. W. H. Freeman, 2002.

Reece WO. Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals. John Wiley & Sons, 2009.

Silbernagl S, Despopoulos A. Color Atlas of Physiology. Thieme, 2009

Sjaastad ØV, Sand O, Hove K. Physiology of Domestic Animals. Scandinavian Veterinary Press 2010.

Sturkie PD, Whittow GC. Sturkie's avian physiology. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2000.

Swenson M.J.: Dukes' Physiology of Domestic Animals. 12th ed. Cornell University Press, Ithaca, 2004.