ructus

Revija študentov Veterinarske fakultete Univerze v Ljubljani / številka 43 / februar 2023

ČUTILA MORSKIH PSOV

DOLGOROČNI UČINEK ANTIBIOTSKE TERAPIJE NA MIKROFLORO IN IMUNSKI SISTEM PUJSKOV

ANATOMSKE POSEBNOSTI PREBAVNEGA SISTEMA KUNCEV TER TULAREMIJA

KAZALO

4
ANATOMSKA ZGRADBA ŽELVJEGA OKLEPA IN NJEGOV EVOLUCIJSKI RAZVOJ

10
RAZVOJ IN DIFERENCIACIJA LETALNIH MIŠIC PTIC TER POSEBNOSTI KOLIBRIJEV IN PINGVINOV

16
ČUTILA MORSKIH PSOV

24
PIOMETRA PRI PSIH IN MAČKAH

30
DIAGNOSTIKA IN UKREPI PRI GARJAH

36
DOLGOROČNI UČINEK ANTIBIOTSKE TERAPIJE NA MIKROFLORO IN IMUNSKI SISTEM PUJSKOV

41
HEPATITIS E VIRUS PRI PRAŠIČIH IN POMEN V JAVNEM ZDRAVSTVU

47
OŽIVLJANJE NOVOROJENEGA TELETA

51
PREVENTIVA IN ZDRAVLJENJE KETOZE PRI GOVEDU

56
OHRANJANJE GENETSKE RAZNOLIKOSTI ALPSKIH KOZOROGOV

59
ANATOMSKE POSEBNOSTI PREBAVNEGA SISTEMA KUNCEV TER TULAREMIJA

66
IVSA: MENJAVA GENERACIJ

Odgovorna urednica:
Ana Gotvajn

Oblikovanje in prelom:
Klara Škrlec

Lektorica:
Selma Skenderović

Fotografija na naslovnici:
Eva Vodopija

Revija študentov Veterinarske fakultete Univerze v Ljubljani

Gerbičeva 60, 1000 Ljubljana

Tisk: CTP d.o.o.

Naklada: 400

Svoje predloge, ponudbe, članke ali vprašanja pošljite na:
revija.ructus@gmail.com

RUCTUS

https://www.vf.uni-lj.si/izobrazevanje/studentska-revija-ructus

UVODNIK

Še preden sem kot brucka prvič v roke, takrat sicer zgolj kot bralka, prijela revijo Ructus, so me starejši kolegi vprašali, ali vem kaj beseda "ructus", ime revije, sploh pomeni … Še sanjalo se mi ni.

Za vse, ki se prav tako sprašujete, drugim pa zgolj za osvežitev spomina:

ructus -us [rúktus] *m* - izpahovanje

Vir: Slovenski medicinski slovar - Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta

Malo za šalo, malo za res.
Prijetno branje vam želim,

Ana Gotvajn, urednica revije Ructus

Ana Gotvajn

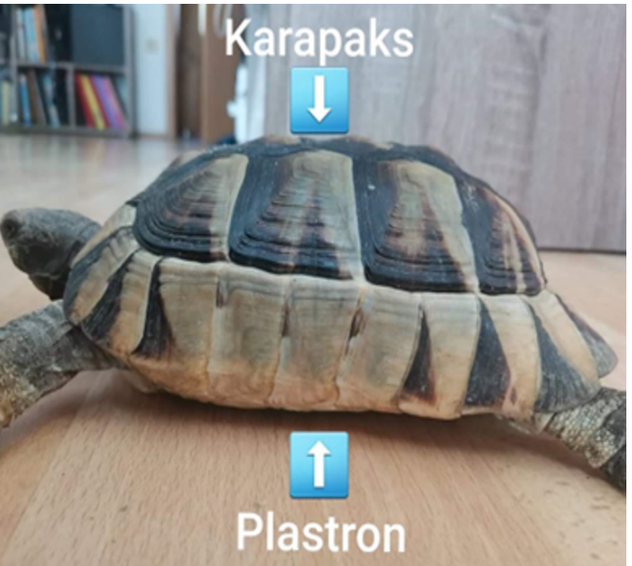
Fotografija: osebni arhiv

ANATOMSKA ZGRADBA ŽELVJEGA OKLEPA IN NJEGOV EVOLUCIJSKI RAZVOJ

Avtorici: Ana Šket in Ana Žižek, študentki Veterinarske fakultete
Mentorica: izr. prof. dr. Valentina Kubale, dr. vet. med., Inštitut za predklinične vede, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

Želve so plazilci z značilnim koščenim oklepom. Za oklep je značilno, da raste z živaljo, luske na njem pa se obnavljajo. Želve delimo v dva podreda: vijevratke (*Pleurodira*) in kritovratke (*Cryptodira*). Vijevratke vpotegnejo vrat pod oklep z bočnim zavijanjem v vodoravni ravnini, kritovratke pa glavo in vrat skrijejo pod oklep z ostrim upogibanjem v vertikalni in horizontalni ravnini. Želve so zelo raznolike glede na zgradbo in v povezavi z načinom življenja. Ločimo kopenske, sladkovodne in morske želve, ki se med seboj razlikujejo po številnih morfoloških značilnostih, med drugim tudi po obliki oklepa. Pri kopenskih želvah se je razvil močno izbočen oklep, ki jih varuje pred plenilci, za vodne želve pa je značilen bolj raven oklep, ki jim omogoča hitrejše premikanje v vodi.

Slika 1: Delitev želvjega oklepa (foto: Neja Plazar, oblikovala: Ana Šket).

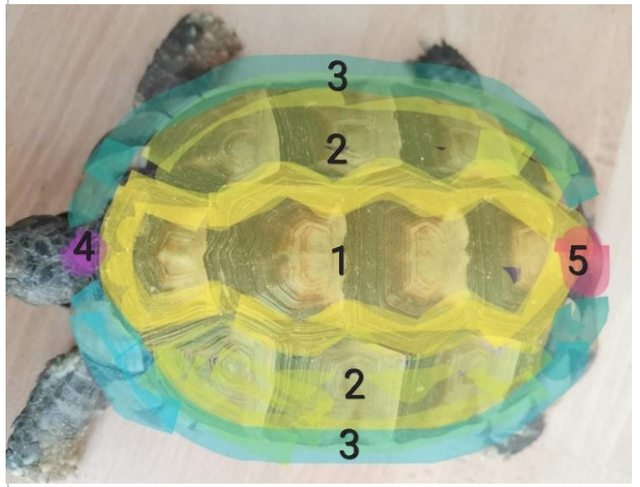


Oklep je edinstvena evolucijska prilagoditev želv, ki jim zagotavlja zaščito pred zunanjim okoljem in plenilci, sodeluje pri termoregulaciji in je rezervoar številnih mineralov. Evolucijski razvoj želv sega skoraj 300 milijonov let nazaj. Zaradi prilagajanja na okoljske razmere in način življenja so se pri predhodnikih današnjih želv razširila rebra in formirala oklep. Elementi skeleta, ki so prisotni tudi pri drugih plazilcih, so se med razvojem želve preoblikovali tako, da tvorijo oklep. Zaradi prisotnosti oklepa se je pri želvah posledično prilagodil tudi razvoj in položaj ostalih delov telesa, na primer nekaterih mišic, sklepov in tudi notranjih organov. Želve imajo lahko trd ali pa mehkejši oklep, mehkoščitke pa namesto močnega koščenega ščita pokriva trda, debela in gladka koža, ki je zelo gibljiva na zadnjem delu hrbtišča.

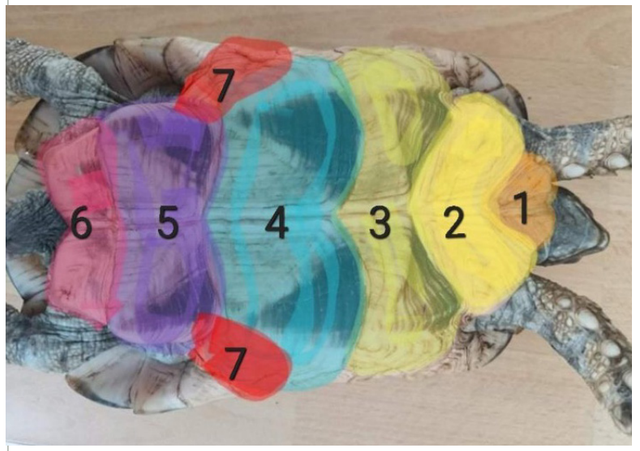
ANATOMSKA ZGRADBA ŽELVJEGA OKLEPA

Anatomsko se želvji oklep deli na dva glavna dela. Hrbtni del predstavlja zgornji ščit, kupola (karapaks), trebušni del pa spodnji ščit, ventralna plošča (plastron), ki skupaj ščitita telo (Slika 1). Oklep je sestavljen iz več kot 50 roževinastih in koščenih ploščic, ki se povezujejo s šivi, se do določene stopnje razvijajo neodvisno ena od druge in niso homologne drugim kostem pri ostalih vretenčarjih. Osnova so endohondralni elementi, na katere se navezuje mozaik dermalnih kosti, vse skupaj pa je prekrito s keratiniziranimi ploščicami, ki predstavljajo zunanji epidermalni sloj. Vsaka ploščica prekriva točno določeno območje kostnega mozaika.

Slika 2: Ploščice karapaksa: 1 - vretenčne, 2 - rebrne, 3 - robne, 4 - nadglavna, 5 - nadrepna. (foto: Neja Plazar, oblikovala: Ana Šket)



Slika 3: Ploščice plastrona: 1 - vratne, 2 - ramenske, 3 - prsne, 4 - trebušne, 5 - stegnenične, 6 - zadnjične, 7 - ingvinalne. (foto: Neja Plazar, oblikovala: Ana Šket)



Želve so tudi edini vretenčarji, katerih okončine segajo globoko v notranjost oklepa v smeri reber, le-ta pa so integrirana v karapaksov dermis, kar pomeni, da ne zapirajo prsne votline in ne izraščajo v ventralni smeri.

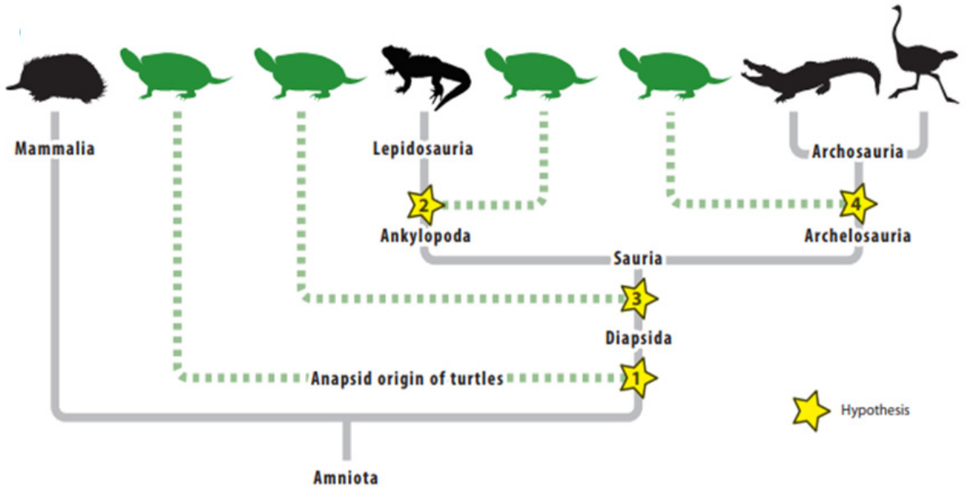
V oklepu najpogosteje najdemo 38 parnih in 12 oziroma 13 neparnih kosti karapaksa v primeru, da je superpigealna kost razdeljena. Prisotnih pa je še osem parnih kosti, kar imenujemo epiplastron in ena neparna kost plastrona, kar imenujemo tudi entoplastron. Epiplastron predstavlja par rostralnih kosti, ki so homologne ključnici. Entoplastron pa je osrednja kost, ki ima veliko vlogo pri oblikovanju ramenskega sklepa. Le-ta je homologen interklavikuli pri ostalih amniotih.

Izjemoma lahko pride tudi do razlik, predvsem na področju vratu in repa, saj nosilni skelet na teh mestih ni popolnoma združen s karapaksom. Najpogosteje je oklep sestavljen iz 38 ploščic karapaksa in 16 ploščic plastrona, a tudi tukaj so razlike med rodovi želv.

Karapaks je sestavljen iz hrbtenice, reber in dermalnih elementov kože. Deset vretenc skupaj z rebri oblikuje karapaks. Deseto rebro je pogosto nerazpoznavno tako pri odraslih želvah kot tudi v času njihovega embrionalnega razvoja. Ploščice karapaksa imenujemo tudi hrbtenične plošče, na levi in desni strani pa jih obdaja venec robnih plošč. Delimo jih na vretenčne (vertebralne), rebrne (kostalne ali plevralne), robne (marginalne) ter na nadglavno (nuhalna ali marginalna) in nadrepno (suprakavdalno) (Slika 2). Vretenčne ploščice se nahajajo vzdolž hrbtenice in zasedajo osrednjo vrsto ploščic. Rebrne ploščice so neparne ploščice, ki se nahajajo med vretenčnimi in robnimi. Robne se nahajajo vzdolž roba karapaksa in so neparne (običajno jih je 11). Nadglavna ploščica se nahaja tik nad glavo, nadrepna pa nad repom. Trebušni ščit je sestavljen iz šest parov plošč. Ploščice plastrona pa se delijo na ramensko (humeralno), prsno (pektoralno), vratno (gularno ali plastralno), trebušno (abdominalno), stegnenično (femoralno), ingvinalno in zadnjično (analno) (Slika 3). Ramenska ploščica leži za podbradkom, vratna pa pod glavo. Ingvinalna ploščica je majhna trikotna ploščica in leži kranialno od zadnjih okončin. Zadnjična ploščica pa se nahaja za repom.

RAST ŽELVJEGA OKLEPA

Roženi sloj se pri želvah stalno obnavlja, zato se levijo (periodično odvržejo staro roževino). Ko želva raste, z njo raste tudi celoten spodnji del ploščic in obrobje s proliferacijo keratina. Na vsaki ploščici so posledično vidni rastni obroči, ki jih imenujemo tudi anuli. Nove lahko vidimo tudi po intenzivnih obdobjih rasti želve. Pri novo izleglih želvah pa se oblikuje blizu centra ploščice tudi areola. Rastni obroči se pogosto uporabljajo za določanje starosti želv, a to ni zanesljiva metoda za vse želve, ampak le za mlade in tiste želve, pri katerih je prisotna zimska hibernacija.



Slika 4: Hipoteze o evolucijskem izvoru želv (povzeto po Lyson TR, 2020).

SISTEMATIKA ŽELV V POVEZAVI S HIPOTEZAMI O NJIHOVEM EVOLUCIJSKEM IZVORU

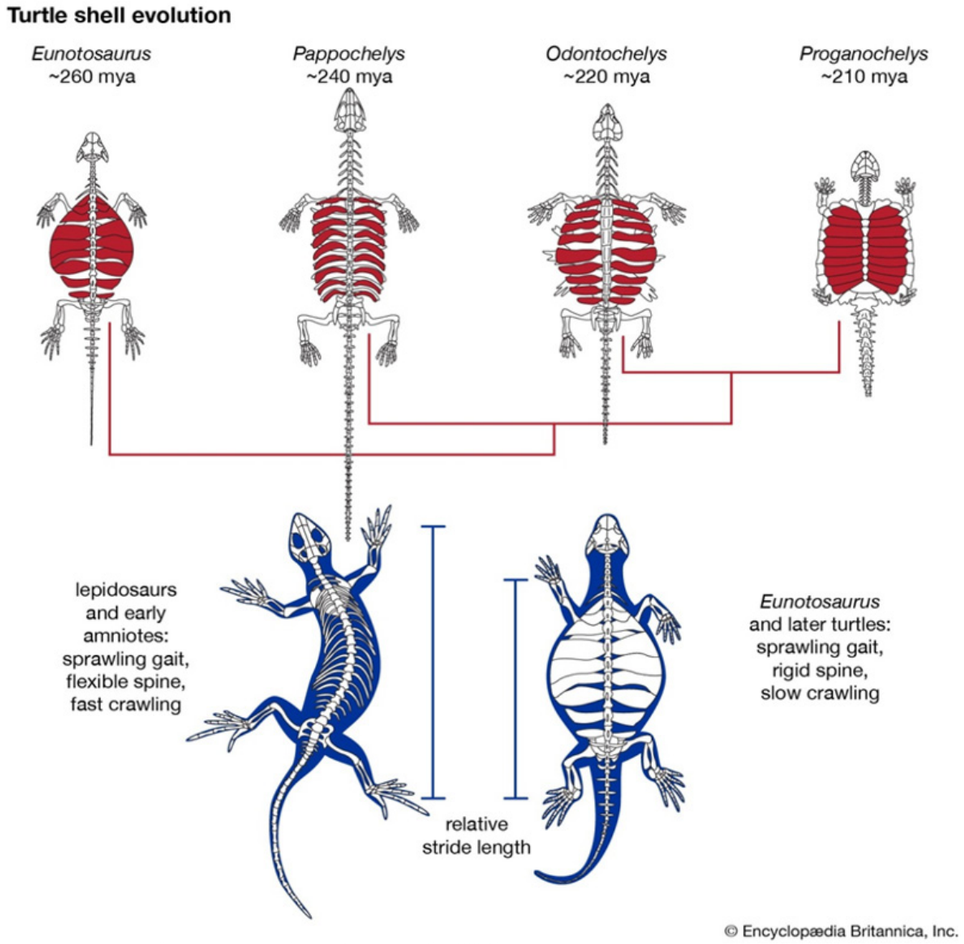
Želve po sistematiki uvrščamo med plazilce. Predstavljajo red *Testudines*, ki se deli na tri podredove, in sicer *Paracryptodira* (red izumrlih želv), *Cryptodira* in *Pleurodira*. O evolucijskem razvoju želv je odprtih še veliko vprašanj in o tej temi poteka predvsem veliko morfoloških raziskav na podlagi najdenih fosilov.

O evolucijskem izvoru želv obstaja več hipotez, a nobena v celoti ne razloži opisane edinstvene anatomije želv, kakor tudi njihove filogenetske uvrstitve med plazilce ne (Slika 4). Prva hipoteza predpostavlja anapsidni izvor želv. Po tej hipotezi želv ne uvrščamo med diapside (plazilci, ki so tekom evolucije razvili dve odprtini na vsaki strani lobanje). Študije, na podlagi katerih so se razvile ostale hipoteze o izvoru želv, pa želve uvrščajo med diapsidne plazilce. Druga hipoteza jih zato uvršča v skupino Sauria (ptice, krokodili, kuščarji, tautara). Najbližji sorodniki želv naj bi po tej teoriji bili kuščarji in tautara, edini preživeli predstavnik starinske veje plazilcev. Tretja hipoteza želv ne uvršča v skupino Sauria. Hipoteza 4 pa temelji na molekularnih podatkih, ki dokazujejo, da želve spadajo v skupino Sauria in so v najbližjem sorodstvu s ptiči in krokodili.

EVOLUCIJSKI RAZVOJ ŽELVJEGA OKLEPA

Evolucijski razvoj želv sega skoraj 300 milijonov let nazaj. Za prve želve naj bi bilo značilno, da niso imele oklepa, ki je za želve značilen danes, so se pa pri njih razvili določeni predhodniki današnjega želvjega oklepa. O teh podatkih raziskovalci sklepajo glede na najdene fosile. Kot posledica prilagajanja na okoljske razmere in način življenja so se pri predhodnikih današnjih želv razširila rebra in oblikovala oklep. S to evolucijsko prilagoditvijo so želve dobile številne prednosti pri preživetju. Oklep jih je zaščitil pred predatorji, predstavljal pa je tudi prilagoditev na življenje pod zemljo. Posledično se je zaradi trdote oklepa zmanjšala fleksibilnost hrbtenice, želve pa so postale bolj okorne in počasne. Pred približno 260 milijoni let je prednik današnjih želv razvil nov mehanizem dihanja, kar je omogočilo razvoj trdega oklepa. Na podlagi najdenih fosilov znanstveniki sklepajo, da so se najprej razvili ventralni elementi oklepa. Zaradi razširitve reber se je sčasoma razvil in utrdil še dorzalni del oklepa.

Eunotosaurus africanus velja za prvo znano vrsto želve, živela je pred 260 milijoni let. Za to vrsto želv so značilni zobje, devet vretenc, devet parov dorzalnih reber in pet parov ventralno lociranih abdominalnih reber. Dorzalna rebra so bila zadebeljena, najverjetneje kot prilagoditev na kopanje in zaradi večje stabilnosti. Ta prilagoditev je osnova za razvijanje želvjega oklepa, torej osnova za razvoj karapaksa in plastrona. *Odontochelys semitestacea* je vrsta želve, ki je živela pred približno 220 milijoni let. Imela je razvit že celoten plastron, torej ventralni oziroma trebušni del oklepa ter razširjena dorzalna rebra in nevralne ploščice, ni pa še bil popolnoma razvit karapaks. Ta vrsta želv je dokaz, da se je skozi evolucijski razvoj želv najprej razvil plastron in šele nato karapaks. Znanstveniki na podlagi morfoloških značilnosti te vrste predpostavljajo, da se je



Slika 5: Evolucijski razvoj želvjega oklepa (povzeto po Zug GR, 2021).

karapaks razvil iz nevralnih ploščic, ki so se sčasoma utrdile. Podpirajo ga razširjena dorzalna rebra. Za to vrsto je značilno tudi, da ima še vedno zobe, in sicer na zgornji in spodnji čeljusti. Nekoliko mlajša vrsta želv je P*roganochelys quenstedi*. Zanjo je značilno, da ima še vedno zobe, ampak le-ti niso na zgornji in spodnji čeljusti, pač pa na nebu v ustih. Oklep te vrste je že zelo podoben oklepu želv, kot ga poznamo danes (Slika 5). Razvoju trdega želvjega oklepa so sledile tudi spremembe v poziciji in razvoju ostalih delov želvjega telesa. Sledile so spremembe nekaterih mišic, sklepov in notranjih organov. Zaradi oklepa je za želve značilen poseben sistem dihanja, spremenil se je tudi položaj srca.

Želve so na Zemlji uspešno preživele več sto milijonov let, njihova edinstvena morfologija pa lahko v modernem svetu predstavlja tudi slabost, saj se veliko populacij v zadnjih letih zmanjšuje, nekaterim vrstam grozi celo izumrtje. Ne glede na to pa želve naseljujejo velik del sveta z zmernim in tropskim podnebjem. Danes je opisanih več kot 330 vrst želv. Med seboj se razlikujejo po vrsti oklepa, saj poznamo želve s trdimi in mehkimi oklepi. Pri slednjih epidermis oklepa ni keratiniziran. Poznamo pa tudi želve, ki nimajo karapaksa, imajo pa samo majhne dermalne kosti, ki ležijo pod debelo kožo. Želvji oklepi so tudi različnih velikosti, variirajo od zelo majhnih v velikosti hrčka do največjih v velikosti avtomobila. So najrazličnejših barv in imajo različne vzorce, nekateri pa so tudi reducirani in je zato izpostavljene veliko kože.

ZAKLJUČEK

Želve po sistematiki spadajo med plazilce. Njihov oklep je edinstvena struktura, ki je nima noben drug vretenčar. Oklep jim ne služi le kot zavetje pred zunanjim okoljem, ampak ima tudi pomembne fiziološke funkcije, od rezervoarja do termo-

regulacije. Anatomsko se deli na hrbtni del, karapaks in trebušni del, plastron. Vsak je sestavljen iz endohondralnih elementov, na katere se navezujejo dermalne kosti. Te pa so prekrite s keratinoznimi ploščicami, ki so poimenovane glede na njihovo lego na želvjem oklepu. Evolucijski razvoj še danes ostaja slabo razjasnjen in sega več kot 300 milijonov let nazaj. Poskušajo ga razložiti štiri različne hipoteze, vendar nobeni od teh ne uspe popolnoma razložiti edinstvene anatomije in uvrstitve želv med plazilce. Prva govori o anapsidnem izvoru želv, ostale pa predpostavljajo, da želve spadajo med diapside. Molekularni podatki dokazujejo, da so želve v najbližjem sorodstvu s ptiči in krokodili.

VIRI

1. Cordero GA. Quick guide: The turtle's shell. Current Biology Magazine. 2017; R168-R169.
2. Buh S. Spoznajmo živali: želve. 2014 (pridobljeno dne 3. 11. 2021).
3. https://www.britannica.com/animal/turtle-reptile/Origin-and-evolution. (pridobljeno dne 3. 11. 2021).
4. Lyson TR, Bever GS. Origin and evolution of the turtle body plan. Annual Reviews; 2020; 51:143-66.
5. Zvržina T. Želve. 2011 (pridobljeno dne 3. 11. 2021).
6. Stvarnik M. Specifičnost mikročipiranja pri grški in mavrski kornjači. 2011; Magistrsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta.
7. Stvarnik M. Nekateri reprodukcijski in populacijski parametri pri grški kornjači (*Testudo hermanni*) v ujetništvu. 2020; Doktorska dizertacija, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta.
8. Nagashima H, Kuraku S, Uchida K, Kawashima-Ohya Y, Narita Y, Kuratani S. Body plan of turtles: an anatomical, developmental and evolutionary perspective. Anat Sci Int 2012; 87(1):1-13.
9. Wyneken J, Godfrey MH, Bels V. (2008) Biology of Turtles, From Structures to strategies of Life. CRC Press, Florida, ZDA (pridobljeno 3. 11. 2021).

Fotografija: Lea Težak

PREGL DIGITAL

Bodite pametni in pustite,
da vaš pametni laboratorij dela namesto vas.

- Izboljša učinkovitost
- Omogoča optimizacijo zalog, stroškov in dela v laboratoriju
- Vizualna opozorila glede rokov uporabe, količine in servisnih terminov
- Odličen pregled stanja v laboratoriju in na nivoju celotne organizacije
- Trajnostno in okolju prijazno delovanje
- Omogoča večjo varnost v laboratoriju
- Enostavno upravljanje inventarja in dokumentov
- Zagotavlja sledljivost materialov in sledljivost vseh aktivnosti v sistemu
- Posodobljeni podatki o inventarju in aparatih vedno pri roki
- In še veliko več ...

www.pregldigital.com

Download on the App Store
GET IT ON Google Play

PREGL DIGITAL in LAB INTERIOR sta del skupine MIKRO+POLO.

PREGL DIGITAL
LAB INTERIOR
mikro+polo VAŠ PARTNER ZA LABORATORIJ

RAZVOJ IN DIFERENCIACIJA LETALNIH MIŠIC PTIC TER POSEBNOSTI KOLIBRIJEV IN PINGVINOV

Avtorici: Mihaela Velkovska in Lea Težak, študentki Veterinarske fakultete
Mentorica: izr. prof. dr. Valentina Kubale, dr. vet. med., Inštitut za predklinične vede, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

IZVLEČEK

Pri pticah so sprednje okončine spremenjene v krila, ki jih premikajo močne prsne mišice. Primarno letalno mišico predstavlja velika površinska prsna mišica, ki se pripenja na nadlahtnico. Sestavljena je iz dveh delov, njena glavna naloga pa je, da pritiska krilo proti rami in sodeluje pri obračanju krila navznoter in navzdol. Manjša, a kljub temu zelo pomembna mišica, je suprakorakoidna mišica, ki deluje kot škripec in dviguje krilo ter ga obrača navzven. V primerjavi s prsnimi mišicami kopenskih živali imajo prsne mišice ptic veliko daljša mišična vlakna, zaradi kompleksnejših gibov, ki so potrebni za premikanje kril. Kadar se pri pticah površinska prsna mišica skrči, peruti zamahnejo navzdol, kar ptice požene naprej, krčenje suprakorakoidne mišice pa omogoči dvig kril. Opisanega osnovnega mehanizma letenja se ne poslužujejo nekatere posebne vrste ptic. Kolibriji se lahko s pomočjo obračanja kril, za razliko od drugih ptic, dvignejo tudi, ko zamahnejo s krili navzgor. So edinstvene ptice, ki svoja krila obračajo v obliki osmice, zaradi česar so sposobni tudi izvajati posebne akrobacije. Posebna vrsta ptic so tudi pingvini, ki pa so se na svojo "letenje" skozi vodo, potapljanje, uspešno prilagodili. Pri njih je drugačna že sama zgradba okostja, saj imajo zelo močne in polne kosti. Njihove peruti so sploščene in oblikovane kot vesla, kar naredi pingvine izjemno dobre plavalce ter potapljače.

Ključne besede: ptice; letenje; letalne mišice; kolibri; pingvini

Ptice spadajo v razred Aves, kamor spada 28 redov, približno 180 družin in nad 10 tisoč vrst ptic. Večina ptic sicer zna leteti, nekatere med njimi pa ne. Med bolj znane redove ptic spadajo nojevci, kiviji, pingvini, plamenci, ujede, kure, golobi, papige, pevke in še mnogi drugi.

V grobem delimo ptice na dve glavni skupini: staročeljustnice (*Palaeognathae*), ki imajo primitivno okostje ustne votline, bolj podobno plazilcem ter novočeljustnice (*Neognathae*), za katere je značilno naprednejše okostje ustne votline. Večina staročeljustnic ne leti ali pa so slabi letalci – sem spadata na primer noj in kivi. Med novočeljustnice pa uvrščamo veliko večino ptic, tudi red pevcev, kamor uvrščamo več kot polovico vseh znanih vrst ptic.

Raziskovalci še vedno ne vedo natančno, kako so ptice pred približno 180 milijoni let pridobile sposobnost letenja. Obstaja več teorij. Kot glavno izhodišče so uporabili najstarejšega znanega ptiča, t. i. praptiča oz. arheopteriksa (A*rchaeopteryx lithographica*), ki je prvotno veljal za prehodno obliko (vezni člen) med plazilci in ptiči. Imel je krila in je bil pokrit s perjem. Danes velja za eno najzgodnejših vej ptic. Nekateri raziskovalci podpirajo t. i. drevesno hipotezo in menijo, da so predniki arheopteriksa živeli na drevesih in sčasoma začeli leteti. Drugi trdijo, da kremplji arheopteriksa niso bili primerni za plezanje in predvidevajo, da so praptiči z dolgimi in močnimi nogami hitro tekli in ob tem imeli iztegnjena krila. V določenem trenutku so jih zračni tokovi dvignili in jih odnesli v polet. Raziskovalci menijo, da so predniki ptic sposobnost letenja pridobili postopoma.

Pri pticah so se skozi evolucijo razvile številne prilagoditve za letenje. Imajo kratko in čvrsto telo, močne letalne mišice in močne noge za odrivanje v zrak ter blaženje pristankov. Posebne omembe je vredno tudi okostje ptic, ki je čvrsto, a kljub temu neverjetno lahko, kar je za letenje neprecenljivo. Številne kosti okončin ter tudi druge kosti so votle, trdnost pa zagotavljajo notranji oporniki. Na ta račun ptice varčujejo z energijo, ki jo potrebujejo za let.

ANATOMIJA PTIC S POUDARKOM NA KRILIH, GLAVNIH LETALNIH MIŠICAH IN OSTALIH STRUKTURAH, POMEMBNIH ZA LETENJE

Ptice imajo aerodinamično vretenasto obliko telesa prilagojeno za let, ki je pokrito s perjem. Čeprav je telo ptice običajno popolnoma prekrito s perjem (razen nekaterih področij – okoli oči, ob dnu kljuna), perje ne raste po celotni površini telesa ptice. Pri pticah, ki letijo, se perje opazi le na določenih predelih telesa, pri pticah, ki ne letijo, pa perje enakomerno pokriva celotno telo. Sprednje okončine so spremenjene v krila, ki jih poganjajo močne mišice za letenje. Zadnje okončine imajo raznoliko obliko, kar je odvisno od življenjskih razmer in načinov pridobivanja hrane.

Kosti ptic so votle ali pnevmatizirane, zaradi česar so lažje. Imajo v večini devet zračnih vrečk, ki so povezane s pljuči in pomagajo pri dihanju. Njihova prostornina je 10-krat večja od prostornine pljuč. Pri vdihu ostane le 25 odstotkov zunanjega zraka neposredno v pljučih, 75 odstotkov pa prehaja skozi njih in vstopa v zračne vrečke. Zračne vrečke so nameščene med različnimi notranjimi organi, vrivajo pa se tudi med mišice in pod kožo ter vstopajo v pnevmatske kosti.

V mirovanju ptica diha tako, da razširi in skrči prsni koš. Med letenjem premikajoča se krila potrebujejo trdno oporo, prsni koš ostaja skoraj negiben, prehod zraka skozi pljuča pa omogoči širjenje in krčenje zračnih vrečk. Hitrejše kot je letenje, intenzivnejše je dihanje. Ko se krili dvigneta, se pljuča raztezajo in zrak prehaja v pljuča in zračne vrečke. Ko se krili spustita, pride do izdiha in zrak iz vrečk prehaja skozi pljuča in sledi izdih. V zračnih vrečkah ne pride do izmenjave plinov, saj med vdihavanjem zrak prehaja tako hitro, da ni časa da bi prišlo do popolne izmenjave plinov. Zaradi tega zrak, ki je še vedno bogat s kisikom, vstopa v zračne vrečke. Ko se krili spustita, pride do izdiha in skozi pljuča se iztisne zrak z visoko vsebnostjo kisika. Posledično se v tej fazi dihanja ponovno pojavi oksigenacija krvi. Ta pojav imenujemo dvojno dihanje. Pomen dvojnega dihanja je povsem logičen – bolj pogosto kot ptica zamahne s krili, bolj intenzivno diha. Poleg tega zračne vrečke med poletom zmanjšujejo trenje med organi.

Perut je glede na zgradbo podobna človeški roki, zraščene dlančnice pa dajejo okončini čvrstost. Perut se med letom premika le v ramenskem sklepu, saj se komolčni in zapestni sklep ne moreta premikati v navpični smeri.

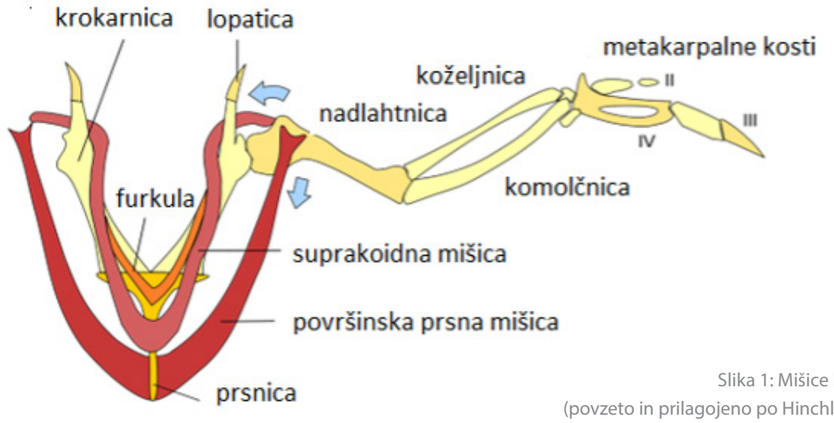
Vid je za ptice najbolj pomembno čutilo in tisto, na katerega se najbolj zanašajo pri letu, uporabljajo ga za izogibanje plenilcem in iskanje hrane. Ptice imajo debelejšo mrežnico kot ljudje in veliko gostejše paličke in čepke. Paleta barv, ki jo vidijo ptice, ni dosti obsežnejša od človeške, pa vendar nekatere vrste, kot so kolibriji, lahko vidijo tudi ultravijolične barve. Med borbo ptice pogosto razširijo krila, da zaščitijo oči, in ko napadajo, nagonsko gredo za očmi svojega nasprotnika, ker vedo, da je njihov vid najbolj pomemben.

Dobro razvite prsne mišice sodelujejo pri premikanju kril in predstavljajo pri pticah do 20 odstotkov mišične mase.

LETALNE MIŠICE IN LETENJE

Glavni mišici za letenje sta površinska prsna mišica (*m. pectoralis superficialis*) in manjša suprakorakoidna mišica (*m. supracoracoideus*), antagonist površinske prsne mišice. Mišični sistem ptic še vedno ni popolnoma raziskan, predvsem glede na stopnjo razvoja, diferenciacije in transformacije osnovnih letalnih mišic, glavni letalni mehanizem ptic pa je dobro razložen.

Površinska prsna mišica ima izhodišče na gredlju prsnice in ključnici od koder se vzdiguje do ven-



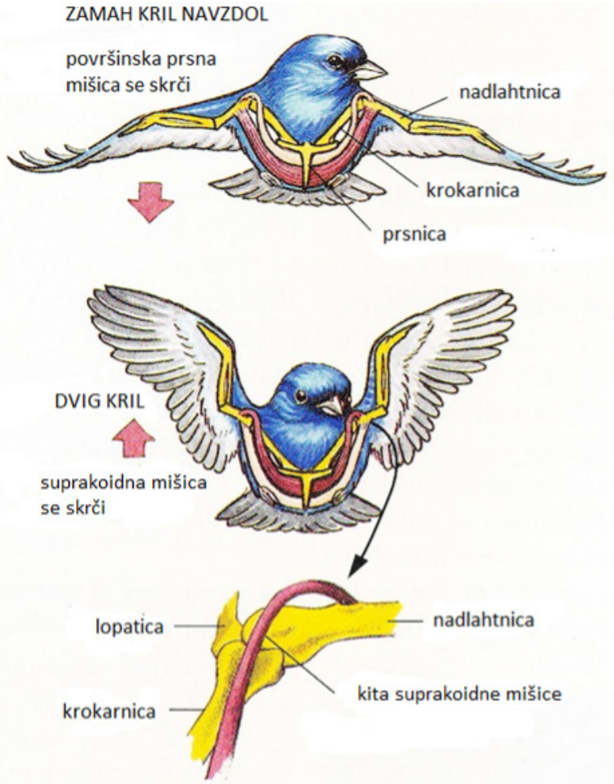
Slika 1: Mišice kril pri pticah
(povzeto in prilagojeno po Hinchliffe JR, 1980).

tralne grbice na nadlahtnici. Ko se mišica skrči, ptica zamahne s krili navzdol. Pektoralna mišica je velika mišica (približno 8–11 odstotkov telesne teže). Masa površinske prsne mišice je 15 do 40 krat večja kot masa suprakorakoidne mišice, ker spuščanje krila med letom zahteva več napora kot dviganje. Pri nekaterih vrstah ptic (slapniki, ponirki) so ugotovili, da so prsne mišice jasno ločene na dva dela – površinski in globoki del, ki imata različno usmerjenost mišičnih vlaken (dorzoventralna in kavdoventralna usmerjenost).

Suprakorakoidna mišica pa se začenja globlje na prsnici in ključnici, od koder poteka dorzalno skozi trikostni kanal, ki preusmeri njen potek, in se končuje na dorzalni grbici nadlahtnice. Mišica je manjša, zajema približno dva odstotka telesne mase in ima glavno nalogo pri dvigovanju krila, predvsem pri nižjih in srednjih hitrostih letenja ter med lebdenjem (Slika 1, 2). Površinska prsna mišica sodeluje tudi pri obračanju krila navznoter.

V primerjavi s prsnimi mišicami kopenskih živali, imajo prsne mišice ptic dosti daljša mišična vlakna, ker sodelujejo pri izvajanju bolj kompleksnih gibov, potrebnih za premikanje kril. S tem se ustvari učinkovita aerodinamična moč, ki služi za premagovanja upora zraka. Površinska prsna mišica je sestavljena iz hitro krčljivih (oksidativnih) vlaken (tipa IIa) in manjšega dela hitro krčljivih (glikolitičnih) vlaken (tip IIb). Suprakorakoidna mišica pa je sestavljena iz hitro krčljivih glikolitičnih vlaken, razen pri zebrastih ščinkavcih, aninih kolibrijih (*Calypte anna*) in atlantskih mormonih (*Fratercula arctica*), pri katerih je sestavljena izključno iz hitro krčljivih oksidativnih vlaken. Deluje kot škripec in dviguje ter obrača krilo navzven.

Mišice s kratkimi vlakni so pritrjene na daljšo tetivo, kakršne najdemo v nogah kopenskih živalih. Zato so te najbolj primerne za izvajanje gibov, ki zahtevajo le malo krčenja ali raztegovanja mišic. Notranje ali intrinzične krilne mišice ptic imajo običajno kratka vlakna in dolge kite. To omogoča tem mišicam nadzor nad distalnimi gibi krila, hkrati pa so majhne in lahke. V različnih raziskavah so zaključili, da so se prsne mišice pri pticah razvile zaradi protitežnostnega delovanja teh mišic ali pa zaradi hitrega podvodnega plavanja ptic (pingvini). Pri višjih hitrostih je dvigovanje krila pasivno zaradi aerodinamičnih sil, ki delujejo na krilo. Manjše ekstrinzične in intrinzične mišice pa pomagajo pri uravnavanju orientacije in oblike krila. Pri letenju sodelujeta tudi



Slika 2: Mehanizem letenja pri pticah
(povzeto in prilagojeno po Takahashi D, 2020).

dvoglava in troglava mišica, njuna naloga pa je predvsem nadzor oblike krila preko ekstenzije in fleksije komolca. Imele bi naj tudi vlogo pri vzletanju, pristajanju in manevriranju leta.

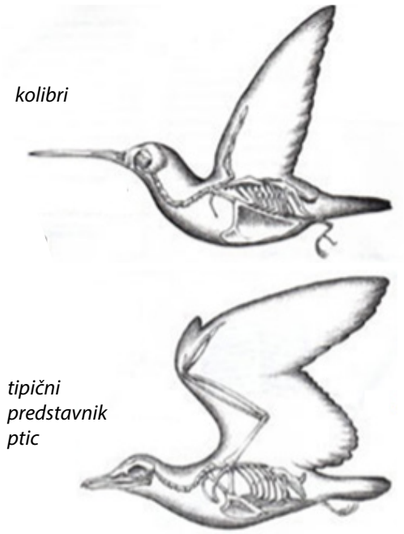
Pri pticah se močne letalne mišice pripenjajo na velik koščeni gredelj (karina) na prsnici. Kadar se površinska prsna mišica skrči, peruti zamahnejo navzdol, kar ptice požene naprej. Ko pa se skrči suprakorakoidalna mišica se peruti dvignejo (Slika 2). Pri letenju imajo pomembno vlogo tudi peresa. Peresa v repu in na perutih so takšna, da dajejo ptici potreben vzgon in ji omogočajo spreminjanje smeri. Ostala peresa so pa pomembna za aerodinamično obliko. Ptice večinoma letijo z jadranjem ali frfotanjem, nekatere med njimi lahko letijo tudi na mestu, kolibriji pa lahko letajo celo vzvratno. Letalne mišice, posebej pri manjših pticah, se krčijo z visoko frekvenco in naredijo precejšnje delo zato, da pridobijo aerodinamično moč, ki je potrebna, da ptica ostane v zraku in uspešno premaguje zračni upor.

KOLIBRIJI

Uvrščamo jih med hudournike. Tako hudourniki kot kolibriji imajo značilno zgradbo peruti. Skupini sta med seboj na videz drugačni. Enolično obarvani hudourniki preživijo večino življenja v zraku, med letom lovijo žuželke, spijo in se parijo. Ker na ta način porabijo ogromno kalorij, je visokokalorična sladkorna prehrana za njih nujna, kar jim omogoča dovolj energije za intenzivno letenje. Pisani kolibriji pa obletavajo cvetove in pogosto sedajo na rastline. Hudourniki so razširjeni po vsem svetu, kolibrije pa najdemo le v Ameriki (Slika 3).

Čeprav obstajajo številne ptice, ki ne letijo, večina ptic spada med spretne letalce. Številne ptice imajo specializirano obliko kril in fizične prilagoditve, zaradi katerih so boljši letalci. Kolibriji pa so vrsta

Slika 3: Kolibri *Anthracothorax nigricollis*
(povzeto po Lastra, P, 2017).



Slika 4: Primerjava krilnih kosti pri kolibriju z ostalimi pticami
(povzeto po Burton R, 2001).

z veliko bolj edinstvenimi letalnimi sposobnostmi kot katerakoli druga vrsta ptic. S perutmi lahko mahajo v obliki osmice, zato letijo ne le naprej, ampak tudi nazaj, vstran in naravnost navzgor. Letalne mišice se zelo hitro aktivirajo, celo za četrtino zamaha hitreje kot pri večjih pticah. Kolibriji zamahnejo s svojimi krili od 8 do 200 krat na sekundo. Lahko tudi lebdijo, in sicer veliko dlje kot ostale lebdeče ptice. Izvajajo lahko celo akrobacije, kot so salte nazaj, medtem ko preletajo med cvetjem in iščejo nektar ter žuželke. Ta vrsta ptic ima sklep med zgornjim in spodnjim delom sprednje okončine (komolec) tik ob telesu, zaradi česar lahko tako spretno premika peruti.

Kolibriji imajo edinstvene fizične prilagoditve, zaradi katerih lahko letijo tako hitro. To so votle kosti, spojena vretenca in spojene medenične kosti, ki nadomestijo odvečne mišice in vezi zato, da zmanjšajo maso telesa. Za premikanje kril so odgovorne sorazmerno večje prsne mišice. Prsne mišice kolibrija predstavljajo več kot 25 odstotkov njegove telesne mase, kar je večji odstotek kot pri katerikoli drugi vrsti ptic. Majhne noge zmanjšujejo aerodinamični upor med letom in dodatno pripomorejo k nižji telesni masi. Stopala kolibrija so oblikovana tako, da ne morejo hoditi, lahko se samo nagnejo. Daljše in močnejše kosti v prstnem delu krila, ohranjajo krilo stabilno pri vsakem udarcu in omogočajo bolj fine premike za nadzor smeri. Prav tako imajo tudi povečano srce za učinkovitejše črpanje, ki je potrebno pri tako hitrih udarcih kril (Slika 4).

V raziskavah s pomočjo visokohitrostnih rentgenskih kamer so ugotovili, kako lahko kolibriji le-

tijo tako kot žuželke, kljub temu, da so omejeni na svoj ptičji skelet. Večina ptic doseže dvig samo tako, da zamahnejo s krili navzdol. Kolibriji pa se lahko s pomočjo obračanja kril, za razliko od drugih ptic, dvignejo tudi, ko zamahnejo s krili navzgor. Insekti dosežejo podobno mojstrovino z obračanjem kril na svoji bazi. Pri večini ptic zapestje pri zamahu navzgor pade zato, da potegne krilo proti telesu. Kolibriji pa so se prilagodili na tak način, da namesto tega krilo le zarotirajo. Posnetki leta v omenjeni raziskavi so pokazali, da kolibriji mahajo s krili tako, da obračajo nadlahtnico namesto mahanja navzgor in navzdol s pomočjo ramena, kot počno preostale ptice. S to inovacijo lahko kolibriji učinkovito proizvedejo veliko moči, ki jo potrebujejo krila, in to le z drobnim krčenjem prsne muskulature. Manjše živali morajo udarjati s krili hitreje kot večje, zato da ostanejo v zraku, ob tem pa tvegajo izgubo mišične moči. Kolibriji in insekti so torej našli skupno rešitev: z učinkovito uporabo svojih mišic – majhnimi, a hitrimi gibi, lahko pridobijo velike količine moči.

PTICE TEKAČICE

Vrste ptic, ki ne letijo (tekačice), so ohranile nekatere prilagoditve na letenje, kot so votle kosti in peruti, ki pa so za razliko od ptic, ki letijo, manjše. Opisane prilagoditve kažejo na to, da so njihovi predniki vseeno bile leteče ptice, ki so zaradi različnih vzrokov izgubile sposobnost letenja. Nekatere so se npr. razvijale v okolju brez naravnih sovražnikov in jim ni bilo potrebno leteti. Drugim je bila pomembnejša moč in velikost na tleh npr. noj. Noji so zelo dobri tekači, močno brcajo, peruti pa imajo le za ohranjanje ravnotežja. Poseben primer so tudi pingvini, kjer so peruti podobne veslom, s katerimi se poganjajo skozi vodo.

Ptice, ki ne letijo, imajo običajno manj kosti znotraj krila oziroma so le-te spojene med seboj. To naredi krila precej manj gibljiva, zato niso primerna za letenje. Večini ptic tekačic manjka tudi gredelj na prsnici, to je del kosti, na katerega so pritrjene letalne mišice. Ptice tekačice najdemo po vsem svetu, vendar jih je največ na Novi Zelandiji. Razlog je v tem, da do prihoda ljudi na otok, približno 1000 let nazaj, tam ni bilo nobenih velikih plenilcev. Ravno pomanjkanje plenilcev, raznoliki habitati in bogati ekosistemi so bili idealni za evolucijo raznolikih skupin ptic tekačic.

Ptice tekačice so izpostavljene veliko nevarnostim, ki so lahko za njih bolj ogrožajoče kot za leteče ptice. Na primer mačke ali podgane lahko učinkoviteje zasledujejo take ptice, zraven tega pa tudi lažje dostopajo do njihovih gnezd. Prav tako so ptice, ki ne letijo, bolj dovzetne za divji lov/krivolov, pasti, odpadke, onesnaženje in ribiške vrvice. Izguba habitata je prav tako kritična za ptice, saj ne morejo odleteti na novo območje. Danes je več kot 50 odstotkov ptic tekačic ranljivih, 20 je odstotkov ogroženih, ena pa je celo izumrla v naravi. Torej, več kot 80 odstotkov ptic tekačic ima negotovo prihodnost. Veliko ptic tekačic pa je že izumrlo, kot na primer dodo, novozelandska gos, jamajški ibis in mnoge druge.

Veliko udomačenih ptic, kot so purani, race in kokoši je bilo gojenih tako, da ne letijo, z namenom lažje kmetijske reje. Njihovi divji predniki, kot je na primer divji puran, mlakarica so pa sicer uspešni letalci. Nekaterim pticam pa v ujetništvu krila tudi prirežejo zato, da se jim prepreči letenje. Kljub zmanjšani zmožnosti letenja pa udomačenih ptic dejansko ne obravnavamo kot neletečih.

POTAPLJANJE PINGVINOV

Pingvini živijo izključno na južni polobli. Ne znajo leteti in so med plavanjem bolj podobni delfinom. Ker so namesto gladke kože pokriti s perjem, imajo dve kratki krili in odlagajo jajca, so jih uvrstili med ptice (Slika 5). Prehranjujejo se z ribami, školjkami in raki. Živijo v kolonijah. Imajo debelo plast naoljenih peres, debel sloj podkožne maščobe ter plast zraka med kožo in perjem. Vse to jih varuje pred izgubljanjem toplote v mrzlih vodah (Slika 6).

Naoljena peresa zmanjšajo upor, podobno kot kopalke olimpijskih plavalcev. S tem dodatnim zagonom lahko pingvini podvojijo ali potrojijo hitrost, s katero običajno potujejo. Med hojo prenašajo celotno težo iz enega podplata na drugega, zaradi česa se značilno zibljejo. Po snegu ali ledu se lahko tudi dričajo, in sicer po trebuhu, poganjajo se pa s perutmi in nogami.

Slika 5: Debelina pingvinovega plašča iz perja (vir: Prirodoslovni muzej, London).

Telo je hidrodinamične oblike, upor v vodi pa še zmanjšuje njihovo kratko perje. Pod vodo krmarijo z repom in nogami. Pingvini se lahko potapljajo zelo globoko. Večina vrst pingvinov med iskanjem hrane plava skupaj, bodisi v majhnih ali velikih skupinah. Nekateri med njimi skoraj 3/4 svojega življenja preživijo v vodi. Peruti so sploščene in oblikovane kot vesla, pripomorejo pa k dobremu plavanju in potapljanju. Po zgradbi se zelo razlikujejo od peruti drugih ptic. Imajo ploske kosti, ki pa niso votle, temveč polne, z namenom, da so močnejše. Celotna perut je zelo toga, premika se lahko le v ramenskem sklepu. Komolčni in zapestni sklep sta skoraj negibljiva. Edina podobnost s pticami je v velikosti letalnih mišic. Te so namreč potrebne za veliko moči, ki jo pingvini potrebujejo pri "letenju" skozi vodo.

Uporabljajo tri različne tehnike plavanja. Med prostim plavanjem se zadržujejo na površini, poganjajo se s perutmi, glavo in rep pa držijo ven iz vode. Ko lovijo, plavajo pod vodo, poganjajo se pa s silovitimi zamahi peruti. Podobno kot, da bi leteli. Pod gladino vode se zadržujejo približno minuto, nekateri potopi pa lahko trajajo vse do 20 minut. Zadnja tehnika se pa imenuje "delfinček". Pri tej plavajo tik pod površino in vsake toliko skočijo iz vode ter zajamejo zrak. Te tehnike se poslužujejo severni pingvini skakalci in zlatočopasti pingvini. Pingvini lahko plavajo približno s hitrostjo od 5 do 14 kilometrov na uro. Najhitrejši plavalci so cesarski pingvini.

Slika 6: Pingvinji mladički (povzeto po Kaehler W, 2016).

ZAKLJUČEK

Svet ptic je zelo pester. Gre za dokaj podobne živali, a hkrati zelo raznolike. Že z vidika velikosti so vidne precejšnje razlike med vrstami, kakor tudi v barvah perja, celotni obliki telesa in navsezadnje še glede na sposobnost letenja (leteče ptice in ptice tekačice), kar je še posebej zanimivo. Ptice so se izjemno in osupljivo prilagodile na letenje, posebno vlogo tukaj pa pripisujemo celotnemu skeletu z votlimi kostmi, da ptice čim lažje letijo. Ne smemo pozabiti niti na močne prsne mišice, ki predstavljajo glavni "motor" ptice. To je najverjetneje eden izmed delov telesa, po katerem so si ptice najbolj podobne, ne glede na to, ali gre za kolibrija iz Amerike ali pingvina iz Antarktike.

VIRI

1. Fazarinc G. Anatomija ptic, študijsko gradivo za študente veterine. Veterinarska fakulteta, 2013.
2. Lovka M, Tome S, Lipej L, Kryštufek B, Tome D, Marčeta B. Živali, velika ilustrirana enciklopedija. 2008; Ljubljana. Mladinska knjiga Založba, d.d.
3. Biewener AA. Muscle function in avian flight: achieving power and control. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2011;366(1570):1496–506.
4. Melnyk OP, Tomasz O. Development and differentiation of the flight muscles of birds. Anatomia, Histologia, Embryologia. Special issue: Proceedings of the XXXth Congress of the European Association of veterinary anatomists, Cluj Napoca, 2014; 63: 100.
5. Young E. Hummingbird flight has a clever twist. Nature 2011; 1–2.
6. Burton R. The world of the hummingbird. Firefly Book, Ontario, Kanada, 2001.
7. Hinchliffe JR, Johnson DR. The development of the vertebrate limb: an approach through experiment, genetics, and evolution. 1980, Oxford, England: Clarendon Press; New York: Oxford University Press.
8. Takahashi D, 2020; https://www.birdwatchingdaily.com/news/science/the-amazing-muscles-and-bones-that-make-birds-fly/.
9. Lastra, P, 2017; https://www.flickr.com/photos/lastingimages/33591332906.
10. Kaehler W, 2016; https://www.vox.com/2015/1/20/7861749/penguins-explained.

ČUTILA MORSKIH PSOV

Avtor: Matevž Pušnik, študent Veterinarske fakultete
Mentorica: izr. prof. dr. Valentina Kubale, dr. vet. med., Inštitut za predklinične vede, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

IZVLEČEK

Morski psi imajo širok nabor čutil, s katerimi se lahko orientirajo v okolju. Med pomembnejšimi je zagotovo vid, na kar kaže velika razvitost dela možganov, ki je odgovoren za vid. Njihov vid je monokromatski, oblika in postavitev oči pa se med vrstami ali celo starostnimi skupinami razlikuje glede na način življenja. Imajo tudi sijajno tapeto (*tapetum lucidum*), zgostitve receptornih celic pa so na mrežnici različne glede na življenjsko okolje. Notranje uho morskih psov je podobno zgrajeno ušesu drugih vretenčarjev. Morski psi spadajo med hrustančnice in imajo sposobnost zaznave sluha nekoliko bolj omejeno kot kostnice, ki imajo plavalni mehur. Zaznavo sprememb premikanja vode jim omogočajo t. i. nevromasti, pobočnice na koži, ki omogočajo lažje iskanje plena, plavanje v jatah in drugo. Čutilo za vonj je zelo dobro razvito, saj so sposobni zaznavati že zelo nizke količine aminokislin. Okušalne brbončice so razporejene po ustni in žrelni votlini, vendar jih je manj kot pri kostnicah. Lorenzinijeve ampule omogočajo zaznavo električnih polj v okolju, zaznava magnetizma pa še ni popolnoma pojasnjena.

Ključne besede: vid; sluh; pobočnica; kemorecepcija; magnetorecepcija

Morski psi spadajo med ribe hrustančnice, kar pomeni, da je njihov skelet sestavljen iz hrustanca. Sem sodijo tudi raže in skati. Njihova koža je pokrita z luskami, ki imajo zobce. Imajo pet do sedem škržnih rež na vsaki strani, medtem ko je za ribe kostnice značilna po ena škržna reža na vsaki strani. Povprečna življenjska doba morskega psa je manj kot 25 let, čeprav ena vrsta psov živi od 70 do 100 let. Morski pes raste vse življenje.

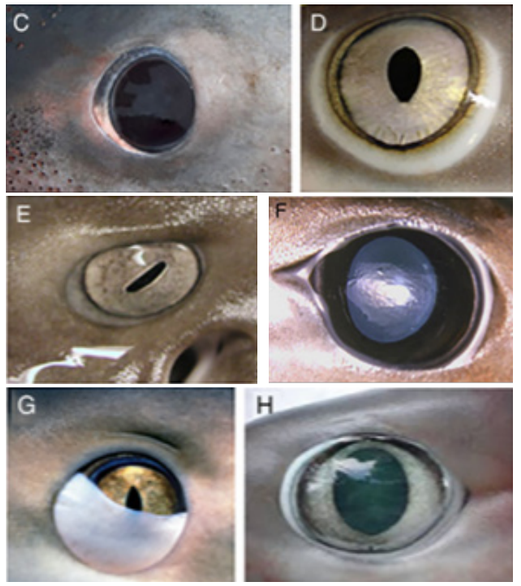
Morski psi imajo širok nabor čutil, s katerimi se lahko orientirajo v okolju. Skozi zgodovino so se raziskovalci pri proučevanju čutil bolj osredotočali na kopenske vretenčarje in manj na morske pse. Posledično je bilo to področje relativno manj poznano, pa vendar zelo pomembno za razumevanje njihovega življenja. Poleg tega je bila večina izsledkov pridobljenih na manjših vrstah zaradi zahtevnosti dostopa do večjih vrst in so tako postali model za preučevanje tudi večjih vrst.

VID

Vid je pomembno čutilo pri morskih psih, se pa tudi zelo razlikuje med različnimi vrstami. Imajo tudi zelo razvit del možganov, ki je povezan z vidom, ki znaša celo med 40 in 58 % skupnega volumna možganov pri različnih vrstah. Na splošno je za vid morskih psov značilno, da vidijo tako na blizu kot na daleč, beli morski pes (*Carcharodon carcharias*) pa lahko prilagodi oči tako, da vidi ostro tudi nad morsko gladino. Morski psi razlikujejo barve in si znajo za dolgo časa zapomniti obliko predmeta. Zanimivo je tudi to, da si takrat, ko napadajo žrtev, prekrijejo oči s tanko plastjo kože za zaščito.

Različne vrste morskih psov naseljujejo različna okolja, ekološke niše in globine, za katere je značilna različna osvetljenost okolja.

Oči morskih psov se nahajajo na lateralnih straneh glave. Pri vrstah, ki se zadržujejo predvsem ob dnu, so pogosteje postavljene bolj dorzalno. Vidno polje morskih psov se običajno giblje za vsako oko med 100° in 200° v vertikalni ravnini in od 160° do več kot 250° v horizontalni ravnini, s prekrivanjem vidnih polj med 0° in 50°. Premikanje oči je v primerjavi z ribami kostnicami omejeno, nekatere vrste pa imajo zaradi oblike glave dodatne mrtve kote. Pri mladičih bambusovega morskega psa (*Chiloscyllium punctatum*) so zaradi izbuljenih oči odkrili širše vidno polje in širše področje binokularnega vida, kar jim verjetno služi za zaznavanje plena in nevarnosti v ranljivejšem obdobju življenja.



Slika 1: Različne oblike zenic morskih psov (povzeto po Collin SP, 2018).

Oblika zenic se med vrstami morskih psov razlikuje, in sicer od okrogle oblike (*Carcharhinus acronotus)* do horizontalne ali vertikalne reže, ki je značilna za rumenega morskega psa (*Negaprion brevirostris*) (Slika 1). Raznolikost v obliki še ni popolnoma pojasnjena, lahko pa bi bila povezana z ostrino in širino vidnega polja. Med vrstami se razlikujejo tudi po hitrosti oženja in širjenja zenic, ki so počasnejše pri vrstah, ki živijo v okolju z malo variacije v osvetljenosti oz. nočno aktivnostjo. Kladvenice se najbolj razlikujejo od ostalih vrst morskih psov. Pri njih nenavadna oblika glave omogoča večje prekrivanje vidnih polj očes in s tem širše območje binokularnega vida. Vrste kladvenic s širšo lobanjo imajo lastnost bolj izraženo, vseeno pa imajo prisoten mrtvi kot v območju neposredno pred nosom. Za dodatno razširitev vidnega polja si pomagajo s premikanjem glave.

Po osnovni zgradbi in obliki so oči morskih psov podobne ostalim vretenčarjem. Imajo sferično oz. elipsoidno obliko. Pri kladvenicah, kjer je glava dorzoventralno sploščena, so oči rostrokavdalno podaljšane. Velikost oči variira med 3 mm (*Deania quadrispinosum*) do 62 mm (*Alopias superciliosus*). Običajno imajo morski psi, ki lovijo aktivnejši mobilni plen, večje oči, glede na telesno maso, kot vrste, ki živijo ob dnu. Pomemben vpliv pa ima tudi globina, na kateri lovijo. Blizu optičnega živca se nahaja t. i. optični pedikel, hrustančna struktura, za katero se predvideva, da podpira oko, ščiti živec pri njegovi rotaciji. Pri napadu na plen mišice omogočajo zasuk oči nazaj in navznoter za zaščito roženice. Pri mnogih vrstah je prisotno tudi kompenzatorno premikanje oči za sledenje tarči med premikanjem telesa.

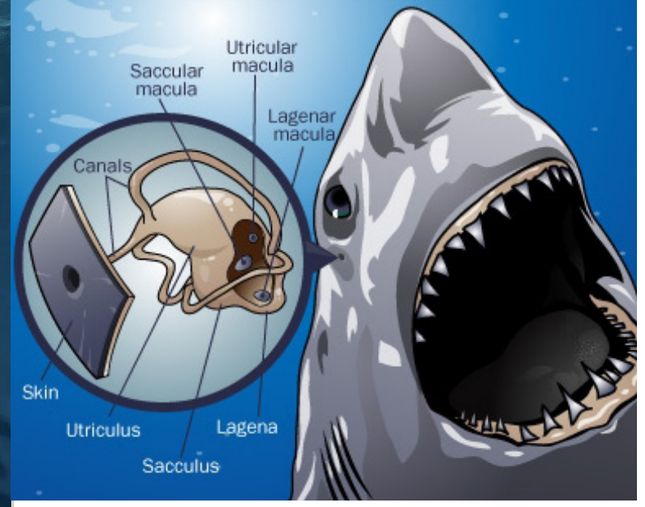
Razpon valovne dolžine svetlobe, ki jo morski pes zaznava, je odvisen od pigmentov fotoreceptornih celic. Pri nekaterih vrstah se je razvila tudi biofluorescenca, ki lahko služi za prepoznavanje pripadnikov lastne vrste. Pri morskih psih so našli samo eno vrsto čepkov, kar nakazuje na monokromatski vid, zaradi česar imata oblika in gibanje večji pomen pri prepoznavanju plena. Kot pri ostalih vretenčarjih, imajo tudi morski psi na mrežnici območja – *areae*, kjer so celice bolj zgoščene in omogočajo bolj natančno zaznavo dela vidnega polja. Predvsem so izražene pri vrstah v strukturno kompleksnih okoljih, medtem ko opazimo pri vrstah v okolju brez ovir pasove zgostitve, ki omogočajo pregled nad širokim poljem z minimalnim premikanjem oči.

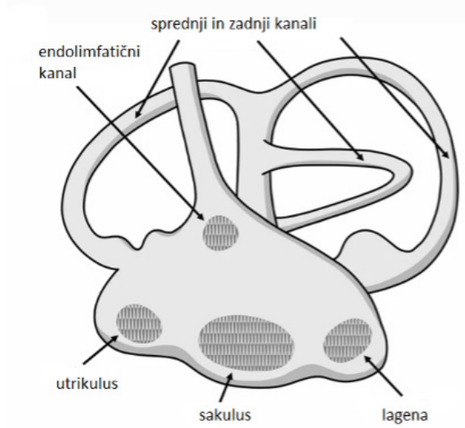
Pri morskih psih je za fotoreceptorji na mrežnici prisotna svetilna tapeta (*tapetum lucidum*), ki odbija svetlobo nazaj proti receptorjem in tako omogoči boljši vid v temi, vendar za ceno ostrine vida. Tako se njihove oči v temi podobno svetijo kot mačkine. Nekatere vrste to kompenzirajo z mehanizmom, kjer se s premiki granul pigmenta v melanocitih svetilna tapeta »odkrije« ali »zakrije« glede na osvetljenost okolja. Omenjen mehanizem deluje tako počasi, da lahko popolna prilagoditev traja tudi dve uri.

SLUH

Organ sluha in ravnotežja morskih psov je podoben kot pri drugih gnatostomatih (čeljustni vretenčarji) in se nahaja na zadnji strani lobanje. Nima ne uhlja ne polža, kar pomeni, da je organ sluha sestavljen samo iz notranjega ušesa. Velik membranski labirint je nameščen v hrustančni ali kostni komori pod pokrovom ušesnih kosti in sestoji iz sistema treh polkrožnih, pravokotnih, s tekočino napolnjenih kanalov in treh otolitskih organov (sakulus, utrikulus in lagena). Uho (utrikulus; *utriculus*) je ovalna vrečka, ki predstavlja zgornji del ušesa. Sakulus *(sacculus*) je spodnji del ušesa oz. spodnja okrogla vrečka. Od zgornjega dela se v medsebojno pravokotnih smereh raztezajo trije polkrožni kanali, od katerih je vsak na enem koncu razširjen v ampulo (Slika 2). Ovalna vrečka s polkrožnimi kanali je organ ravnotežja (vestibularni aparat). Bočna razširitev spodnjega dela okrogle vrečke (lagena)

FUCTUS





Slika 2: Zgradba notranjega ušesa morskega psa (povzeto po Edmonds M. in Mickle F.M.)

je zametek polža. Od okrogle vrečke se odcepi notranji limfni (endolimfatični) kanal, ki se pri morskih psih nadaljuje do posebne odprtine v lobanji, pri večini drugih rib pa se konča slepo.

Epitelij s senzornimi celicami z dlačicami se nahaja na grebenu (*crista ampullaris*), na bazi polkrožnih kanalov in na senzornem epiteliju otolitskih organov. Senzorne celice so povezane z vejami slušnega živca. Cilije senzornih celic so prekrite z želatinoznim mukopolisaharidnim matriksom oz. t. i. kupolo, ki pri otolitskih organih vsebuje granule in/ali peščene delce iz ogljikovega apna, ki tvorijo gostejšo maso, ki jo imenujemo otoliti oz. slušni kamenčki. Votlina labirinta je napolnjena z endolimfo in tremi otoliti na vsaki strani glave. Na otolitih se oblikujejo koncentrične plasti, podobno kot na luskah, zato lahko največje uporabljamo za določanje starosti rib in tudi za sistematiko, saj se njihove velikosti in konture razlikujejo med različnimi vrstami rib. Prisoten je še dodatni senzorni organ na steni posteriornega kanala, sestavljen iz senzornih celic, ki se imenuje *macula neglecta*.

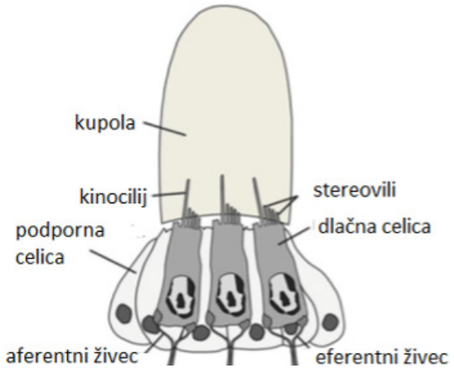
Za razliko od mnogih kostnic morski psi nimajo plavalnih mehurjev ali drugih struktur, ki bi lahko pretvorile akustični pritisk v dražljaj za stimulacijo celic, kar pomeni, da se lahko najverjetneje odzovejo na zvok samo iz vidika premikanja delcev (pospešek, hitrost, premik), ne pa na pritisk, čeprav to še ni popolnoma dokazano. Senzorne strukture notranjega ušesa delujejo tudi kot merilec pospeška na podlagi vzdraženja epitelija ob premikanju endolimfe po polkrožnih kanalih pri premikanju glave, kar služi za uravnavanje položaja in ravnotežja. Občutek za ravnotežje je povezan s tlakom endolimfe v polkrožnih kanalih, ki se spreminja ob premikanju morskega psa, premaknejo pa se tudi otoliti, kar pošilja impulze v živčni sistem. Pokazali so, da pri poškodbi zgornjega dela labirinta s polkrožnimi kanali morski pes izgubi sposobnost ohranjanja ravnotežja in leži na boku, hrbtu ali trebuhu. Poškodbe spodnjega dela labirinta pa ne vodijo do izgube ravnotežja.

Zaznavanje zvokov je povezano s spodnjim delom labirinta. Če odstranimo spodnji del labirinta z okroglo vrečko, živali ne morejo razlikovati zvočnih tonov. Morski psi zaznavajo mehanske in zvočne vibracije s frekvenco od 5 do 25 Hz (z organi bočne črte) ter od 16 do 13.000 Hz z labirintom.

POBOČNICA

Sistem bočne črte oz. pobočnice je prilagoditev, ki omogoča ribam zaznavanje spremembe tlaka vode, vibracije nizke frekvence infrazvočne vibracije na podlagi mehanoreceptorjev na koži. To jim olajša navigacijo, izogibanje oviram, gibanje v jatah, iskanje in lov plena. Pobočnica ujame pritisk tekočega, premikajočega se toka vode, ne zazna pa sprememb tlaka s potopitvijo v globino. Organi pobočnice, ki lovijo nihanja v vodnem stolpcu, omogočajo zaznavanje površinskih valov, tokove, podvodne nepremične predmete (skale, grebeni) in premikajoče se predmete (sovražnike, plen). Pobočnica omogoča hidrodinamično zaznavanje okolja, pomembno tudi pri slabši vidljivosti, kar omogoča izogibanje oviram. Pomen ima tudi pri prehranjevanju. Sicer manj pri sami zaznavi plena, kjer lahko skupaj z uporabo voha in vida (nekatere vrste tudi brez) sledijo poti plena. Odkrili so še povezavo med funkcionalnostjo pobočnice in natančnostjo, s katero črnoplavuti morski pes (*Carcharhinus limbatus*) zgrabi plen. Pobočnica omogoča, da morski pes sledi plenu tudi, ko ta pride v mrtvi kot neposredno pred morskim psom, tik preden ga ta zgrabi. Domneva se tudi, da valovi, ki nastanejo med parjenjem številnih rib, ki jih zaznava pobočnica samice ali samca, služijo kot signal.

Fotografija: Owen Harding, Unsplash



Slika 3: Zgradba nevromasta (povzeto in prirejeno po Atema J, 2014).

Bočna črta je lahko popolna in sega vzdolž celotne dolžine telesa ali pa nepopolna in celo odsotna. Osnovna enota je t. i. nevromast, ki sestoji iz senzornih celic opremljenih s kinocilijem in šopom senzitivnih stereocilijev na apikalni površini. Te pokriva želatinozna kupola. Pri morskih psih površinske nevromaste najdemo vzdolž glave in telesa v plitkih jamicah v koži, najpogosteje pod parom modificiranih lusk z zadebeljeno bazo. Pri nekaterih vrstah se nahajajo v žlebovih na dvignjenih papilah (kot pri skatih in ražah) (Slika 3). Njihova razporeditev in število variirata glede na vrsto med nekaj na vsaki strani do več kot 600 na vsaki strani pri kladvenicah *(Sphyrna lewini*). Na splošno jih najdemo na dorzolateralni in lateralni strani trupa, posteriorno od ust in med pektoralnimi plavutmi. Kanalske nevromaste najdemo tudi v subepidermalnih, s tekočino napolnjenih kanalih, kot so supraorbitalni, infraorbitalni, madibularni, hiomandibularni na glavi ter posteriorni lateralni vzdolž bokov do konice repa. Na njih so lahko prisotne pore. Nevromasti so tako blizu skupaj, da tvorijo skoraj neprekinjen čutni epitelij. Nekateri kanali nimajo odprtine na površini, kar pomeni, da se ne morejo odzvati neposredno na tok vode. Predvideva se, da služijo za zaznavo premikanja kože ob mehanskem kontaktu živali s tujimi predmeti ali ob pritisku zaradi turbulence vode, raziskave pa so pokazale, da so te celice v zaprtih kanalih bolj občutljive na stimulacijo kot tiste v odprtih.

Glede funkcije površinskih nevromastov obstajajo različne teorije. Najverjetnejša je, da je njihova funkcija podobna kot pri ostalih nevromastih, druge teorije pa predvidevajo, da bi lahko služili kot nekakšen merilec hitrosti zaradi pretoka vode pri plavanju ali pa celo kot nekakšne zunanje okušalne brbončice, ki bi se naj odzivale npr. na različne koncentracije raztopin ionov ter posledično slanost vode. Zanesljivost rezultatov, ki bi podpirali slednjo teorijo, je negotova, prav tako pa zelo malo morskih psov migrira med sladko in slano vodo, čeprav imajo omenjene strukture.

KEMORECEPCIJA

Kemosenzorni sistem morskih psov sestavljajo čuti za vonj in okus. Čutilo za vonj je povezano s funkcijami, kot so socialne interakcije, komunikacija, reprodukcija in iskanje hrane. Čutilo za okus sodeluje predvsem pri prehranjevanju in vključuje okušalne brbončice.

Voh

Morski psi imajo izredno razvit voh, s katerim lahko ločijo celo vonj v vsaki nosnici posebej in ločijo, s katere strani prihaja. Kladvenice so zato pogosto med prvimi morskimi psi, ki pridejo do ladje, ko se čez krov mečejo deli rib. Nekatere vrste morskih psov lahko zavohajo vonj v zraku in nato plavajo po površini z nosnicami nad vodo.

Nevrološki odgovor sprožijo vonjave plena, potencialnih spolnih partnerjev, plenilcev in specifičnih habitatov. Pragovi za zaznavo so zelo nizki. Z elektro-olfaktografijo (EOG) so pri kladvenicah (*Sphyrna lewini*) ugotovili, da nekatere aminokisline, kot so alanin in cistein, zaznavajo v subnanomolarni koncentraciji, prolin in serin pa v mikromolarni koncentraciji. Vonj zaznavajo skozi nosnice, za katerimi leži rozeta lamel z veliko površino olfaktornega epitelija, njegova površina in občutljivost (za katera ni bilo ugotovljene korelacije) pa variirata med vrstami. Relativno velikost vohalnih režnjev in olfatkornega betiča (*bulbus olfactorius*) so pri morskih psih uporabljali za določanje pomena vonja za žival. Največje najdemo pri odprtem morju živečih migrirajočih vrstah, npr. belem morskem volku (*Carcharodon carcharias*), najmanjšega pa pri vrstah, ki naseljujejo koralne grebene. Posebnost pri morskih psih je, da sprejema center za vonj somatotopične dražljaje olfaktornih receptornih nevronov različnih tipov. Gre za dražljaje z določene točke telesa, ki so v povezavi z določeno točko v centralnem živčnem sistemu, običajno v primarni somatosenzorični skorji. Takšen način zaznavanja je navadno značilen za druge dele telesa, kot so prsti, penis ali obraz in druge načine senzoričnega zaznavanja pri drugih živalskih vrstah.

Okus

Poznavanje zaznavanja okusa je pri morskih psih slabo poznano. Brbončice pokrivajo ustni in žrelni epitelij, jezik in škržne loke, z zgradbo podobno kot pri kostnicah (razdeljeno v tipe I, II in III), vendar jih je manj. Razporeditev okušalnih papil nakazuje na pomen grizenja in manipulacije plena pri oceni okusa. Manj jih je prisotnih pri pelagičnih vrstah, ki se običajno hranijo z večjimi, bolj aktivnimi organizmi. Prisotnost večjega števila papil ni nujno povezano z občutljivostjo na okus. Okušalne papile naseljujejo tudi samostojne receptorne celice in ni jasno, ali so posebej oživčene. Ob stimulaciji okušalnih celic dražljaj potuje preko VII. (n. facialis), IX. (n. glossopharyngeus), X. (n. vagus) možganskega živca.

MEHANORECEPCIJA IN SPIRAKULARNI ORGAN

Hrustančnice, še posebej morski psi in skati, za razliko od kostnic posedujejo spirakularni organ. Gre za slepo cev, povezano s prvo škržno režo, pokrito z zaplatami senzornega epitelija. Spirakularni organ je relativno izoliran od pretoka vode in slabo občutljiv na električno in vibracijsko stimulacijo, čeprav ga stimulira premikanje hiomandibularno-kranialnega sklepa. Funkcija tega organa je slabo poznana, predvideva pa se, da deluje kot proprioceptor. Povezan naj bi bil tudi z bočno linijo.

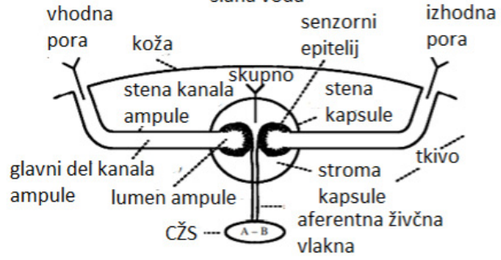
ELEKTRORECEPCIJA IN LORENZINIJEVE AMPULE

Čeprav je elektromagnetnih signalov v okolju veliko, vse od morskih tokov do premikajočih se rib, le-ta povzroča šibka električna polja. Zaznava jih lahko malo živalskih vrst, med katere spadajo tudi morski psi. Elektrorecepcija jim omogoči, da ob spremembi v okolnem električnem polju sledijo njenemu viru in tako pridejo do plena. Prav tako njihova zaznava omogoča orientacijo glede na morske tokove, določanje globine glede na sedimente na dnu ali globje plasti vode.

Dokumentirano je odzivanje in zaznava dipolnega polja direktnega toka pri 0,01–0,02 m^{-1}, t. i. detektorji za električno polje, Lorenzinijeve ampule pa se lahko celo odzovejo na signale 25 nV. Imenujejo se po Stefanu Lorenziniju, ki jih je odkril leta 1678.

Že vzdraženje enega živčnega vlakna da signal, ki je osemkrat večji od potrebnega, da se žival vedenjsko orientira. Glede na to, da je receptornih celic več kot 10 000/ampulo, od koder se signal prevede v centralni živčni sistem, mora žival razlikovati iskan signal od šuma iz okolja. V ta namen se signal porazdeli čez več vzporednih poti in zaporednih odsekov časa brez prostorskega ali časovnega popačenja. Tako morski pes lahko v začetku uporabi svoje receptorje samo za to, da določi povprečno smer plena v polju, integrira informacije o spremembi orientacije in smeri skozi čas, da določi informacije potrebne za napad. Taka integracija skozi prostor in čas omogoča živali, da se osredotoči na usmeritev polja, na kar se lahko uspešno odzove.

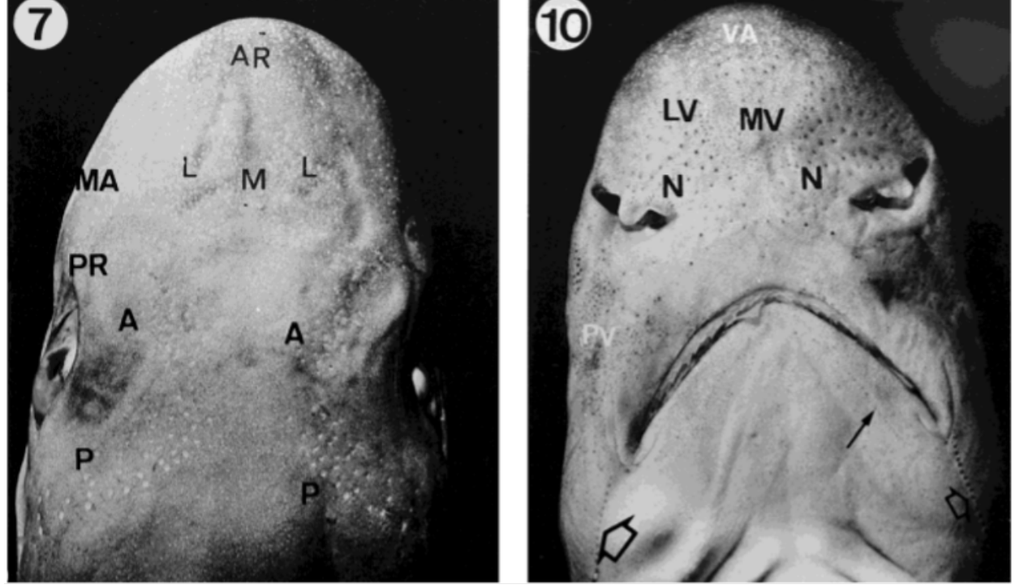
Lorenzinijeve ampule so senzorni organ soroden pobočnici in notranjemu ušesu, ki so pomembne za zaznavo z elektroceptorji in tvorijo mrežo por, ki je napolnjena z želatinasto snovjo. Sestavljene so iz pore na površini kože, povezane z majhnim kanalom premera okrog 1 mm z votlinico, ampularnim bulbusom globoko znotraj dermisa, kjer se ampularni bulbus slepo konča. Pri večini so ampularni bulbusi razporejeni v tri subdermalne gruče, od koder kanali različnih dolžin (<1 to >20 cm) vodijo do por na dorzalni in ventralni strani glave. Vsak ampularni bulbus je sestavljen iz več vrečk – alveolov, obdanih s senzornim epitelijem iz receptornih in podpornih celic. Lumen je napolnjen s prevodnim mukopolisaharidnim želejem. Tesne stičnice (*zonulae occludens*) med celicami, ki obdajajo kanal in ampularni bulbus poskrbijo, da tok teče samo skozi receptorne celice. Signal potuje aferentno v možgane preko anteriornega živca pobočnice (Slika 4).



Slika 4: Dve nasprotno usmerjeni Lorenzijevi ampuli pri raži (Urolophus halleri) (povzeto in prirejeno po Kalmijn AD, 2000).

Na dražljaj pri razliki napetosti na obeh straneh membrane se odzovejo s tvorbo akcijskega potenciala ob bazalni površini membrane. Celice imajo tudi sposobnost generirati električni tok s pomočjo od napetosti odvisnih ionskih kanalov na apikalni površini, rezultat česar je ionski tok proti smeri električnega toka in ojačan receptorski potencial ter posledično ojačano delovanje sinaps.

Ampule se povezujejo z različnimi deli kože in ohranjajo levo–desno simetrijo. Obstajajo razlike v razporeditvi med vrstami in so vrstno značilne, lahko pa tudi med spoloma, kar nakazuje različno vlogo pri reproduktivnem in/ali drugem vedenju, vendar se dolžine kanalov od živali do živali razli-



Slika 5: Porazdelitev in izgled Lorenzinijevih ampul pri omanskem morskem psu (Lago omanensis) na dorzalni in ventralni strani glave. A – anteriornosupraorbitalne pore; AR – anteriornorostralne pore; L – lateromedialne pore ; LV – lateroventralne pore; M – medialne pore; MA – rostralne marginalne pore; MV – medialne ventralne pore; N – nazalne pore; P – posteriorne supraorbitalne pore, PR – preorbitalne pore; PV – ventralnopreorbitalne pore; debelejša puščica kaže na postmandibularne pore, tanjša puščica na pore vzdolž mandibule; VA – ventroanteriorne pore (povzeto po Baranes A, 1999).

kujejo. Pore ampul so jasno vidne kot temne lise na koži in jih poimenujemo glede na njihovo lokacijo (Slika 5).

MAGNETORECEPCIJA

Zaznavanje magnetnega polja pri morskih psih še ni popolnoma pojasnjeno, med drugim zaradi zahtevnosti izključevanja zunanjih in neželenih elektromagnetnih vplivov v bazenu. Predvideva se, da lahko na primer pri kladvenicah (*Sphyrna lewini*) pride do zaznave in orientacije na podlagi geomagnetnih silnic. Možno je, da to dosežejo z zaznavo električnih polj, ki nastanejo kot posledica magnetizma, podobno kot zaznavajo druge električne signale z Lorenzinijevimi ampulami. Alternativna hipoteza predpostavlja zaznavo na podlagi prisotnosti feromagnetnih kristalov Fe_3O_4 v določenih tkivih. Ti naj bi tvorili verige znotraj celic, njihova orientacija pa se spremeni na podlagi magnetnega polja. Podoben sistem je bil že opisan pri kostnicah in pticah in bi lahko šlo za primer homologije.

VIRI

1. Collin SP. Scene through the eyes of an apex predator: a comparative analysis of the shark visual system. Clin Exp Optom 2018; 101(5):624–40.
2. Hart NS, Collin SP. Sharks senses and shark repellents. Integr Zool 2015; 10(1):38–64.
3. Jayne M. Gardiner and Jelle Atem. Flow Sensing in Sharks: Lateral Line Contributions to Navigation and Prey Capture. V H. Bleckmann et al. (eds.), Flow Sensing in Air and Water, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.
4. Kalmijn AD. Detection and processing of electromagnetic and near-field acoustic signals in elasmobranch fishes. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.2000; 355(1401):1135–41.
5. Anderson JM, Clegg TM, Véras LVMVQ, Holland KN. Insight into shark magnetic field perception from empirical observations. Sci Rep 2017; 8;7(1):11042.
6. McComb DM, Tricas TC, Kajiura SM. Enhanced visual fields in hammerhead sharks. J Exp Biol 2009; 12(Pt 24):4010–8.
7. Atema J, Gardiner JM. Flow Sensing in Sharks: Lateral Line Contributions to Navigation and Prey Capture. V: Flow Sensing in Air and Water – Behavioural, Neural and Engineering Principles of Operation; Springer-Verlag, 2014.
8. Edmonds M. https://animals.howstuffworks.com/fish/sharks/shark-senses2.htm; 13.10.2022
9. Marshall NJ, Peach MB. The pit organs of elasmobranchs: a review. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 2000; 355(1401): 1131–4.
10. Baranes A, Fishelson L. Distribution, morphology, and cytology of ampullae of Lorenzini in the Oman shark, Lago omanensis (Triakidae), from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Anat Rec 1998; 251(4):417–30.
11. Mickle FM, Higgs DM. Towards a new understanding of elasmobranch hearing Marine Biology (2022) 169:12: 11-13.

PIOMETRA PRI PSIH IN MAČKAH

Avtorica: Zarja Mörec, študentka Veterinarske fakultete
Mentorica: doc. dr. Vladimira Erjavec, dr. vet. med., spec. med. psov in mačk, Klinika za male živali, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

POVZETEK

Piometra je akutno ali kronično gnojno vnetje maternice nesteriliziranih psic in mačk. Ta potencialno življenjsko ogrožajoča bolezen prizadene do 20 % nesteriliziranih psic pred 10. letom starosti in približno 2 % mačk pred 13. letom starosti. Na nastanek bolezni vplivajo bakterijski in hormonski dejavniki. Pri piometri lahko pride do resnih zapletov, kot sta sepsa in peritonitis. Najbolj učinkovit način zdravljenja je kirurška odstranitev jajčnikov in maternice (ovariohisterektomija), s katero se neposredno odstrani vir okužbe in prepreči ponovitev piometre, alternativo kirurškemu pa predstavlja medikamentozno zdravljenje.

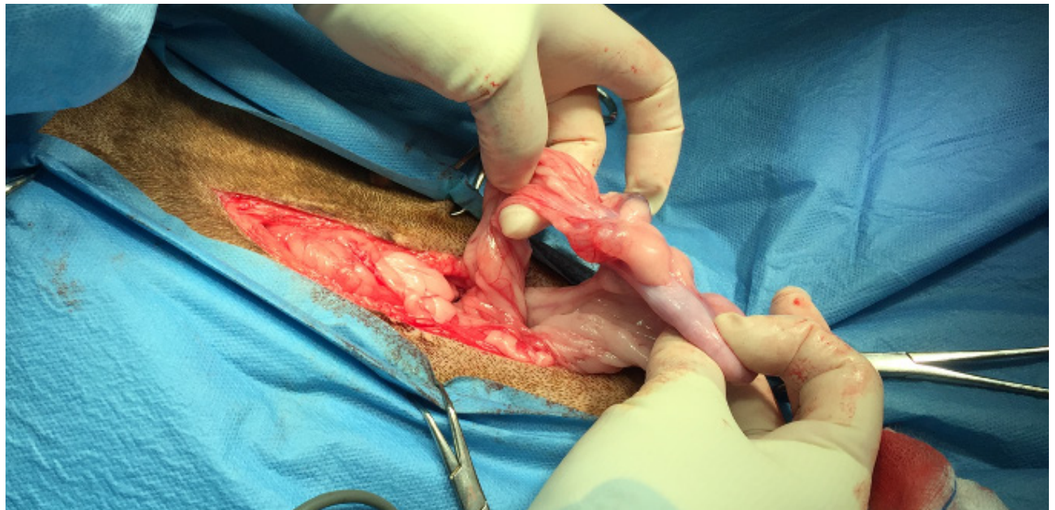
UVOD

Piometra ali gnojno vnetje maternice je pogosta bolezen nesteriliziranih psic in mačk. Značilna je akutna ali kronična bakterijska infekcija maternice z akumulacijo gnojnega eksudata. Pojavlja se po estrusu in spremljajo jo različni lokalni in sistemski klinični znaki (1, 2). V zgodnjih fazah piometre so klinični znaki komaj zaznavni, zato je diagnoza pogosto postavljena pozno v procesu bolezni (3). Pri sumu na piometro je pomembna takojšnja veterinarska oskrba, saj se stanje živali lahko hitro poslabša, zgodnje zdravljenje pa poveča možnost preživetja (2).

DEJAVNIKI TVEGANJA

Bolezen prizadene nesterilizirane psice v obdobju od 4 tednov do maksimalno 4 mesecev po estrusu (3), povprečna starost ob postavitvi diagnoze pa je 7 let. Pri mačkah je piometra manj pogosta, kar naj bi bila posledica manjše prevlade progesterona zaradi sezonske gonitve in inducirane ovulacije (2). Če sterilizacija ni pravilno opravljena in ostane v telesu tkivo jajčnikov (Slika 1), lahko pride do nadaljnjega izločanja reproduktivnih hormonov, ki izzovejo znake proestrusa in estrusa, po katerem lahko pride do nastanka t. i. »stump« piometre (4). V tem primeru se gnojno vnetje razvije v preostalem delu maternice, klinična slika je podobna kot pri nesteriliziranih živalih, le da iz anamneze izvemo, da je bila žival predhodno sterilizirana (2).

Slika 1: Zaostalo tkivo jajčnika po predhodno nepopolno opravljeni sterilizaciji (Foto: Erjavec V.)



Piometra se pogosto pojavlja v državah, v katerih se psic in mačk običajno ne sterilizira (npr. skandinavske države). Na nastanek piometre pomembno vplivata starost in pasma živali. Pri nekaterih pasmah se bolezen pojavi pri mlajših živalih in v večjem deležu kot pri drugih, kar nakazuje na vpletenost genetskih dejavnikov (2). Pasme psov s povečanim tveganjem za nastanek piometre so zlati prinašalec, pritlikavi šnavcer, irski terier, bernardinec, airedalski terier, kavalir kralja Karla, dolgodlaki škotski ovčar, rotvajler in bernski planšarski pes (3). Pri zlatih prinašalcih je bil v povezavi z razvojem piometre nedavno odkrit pomen regije na 22. kromosomu, na genu ABCC4, ki kodira prenašalec prostaglandina, vendar je razvoj bolezni zapleten in nanj verjetno vpliva več genetskih dejavnikov (2). V nedavni študiji, ki je vključevala mačke na Švedskem, so ugotovili, da se piometra najpogosteje pojavlja pri sfingi, sledijo pa ji sibirska mačka, ocicat, korat, siamka, ragdolka, maine coon in bengalka (5).

Tveganje za piometro se poveča pri eksogenem dajanju hormonov, kot so gestageni in estrogeni. Terapija z gestageni, kot je npr. medroksiprogesteron, se pri psicah uporablja za preprečevanje gonitve, z estrogeni pa lahko preprečimo nidacijo zarodkov v primeru neželene brejosti. Dovzetnost maternice za okužbo naj bi povečala tudi cistična hiperplazija endometrija, medtem ko ima brejost nekoliko varovalni učinek (2).

PATOGENEZA

Patogeneza piometre je kompleksna in še ni v celoti poznana, vključuje pa tako hormonske kot bakterijske dejavnike. Čeprav je bila večina raziskav narejena na psih, se domneva, da je pri mačkah patogeneza podobna. Med lutealno fazo je okolje v maternici primerno za brejost, hkrati pa tudi za rast mikroorganizmov. Hormon progesteron stimulira rast, množitev in sekrecijo žlez v endometriju, zapre se maternični vrat in zavre krčenje miometrija. Zmanjšan je lokalni odziv levkocitov in s tem odpornost maternice na bakterijsko okužbo (2). Najpogostejši patogen, ki povzroča piometro v 59–96 %, je *Escherichia coli* (6). Občasno so iz maternic okuženih živali izolirali tudi druge povzročitelje, kot so *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* (2). Opisani so tudi primeri emfizematozne piometre, ki jo povzročajo bakterije, ki proizvajajo pline, kot je npr. *Clostridium perfringens* (7). Okužba je pri piometri najverjetneje ascendentna, saj so sevi, izolirani iz maternice, enaki tistim iz gastrointestinalnega trakta in sečnega mehurja, možno pa je tudi hematogeno širjenje. Bakterije in njihovi produkti sprožijo lokalni in sistemski vnetni odgovor, v krvni obtok se sprostijo endotoksini, ki lahko povzročijo šok, diseminirano intravaskularno koagulacijo in splošno odpoved organov (2).

KLINIČNA SLIKA

Klinični znaki pri piometri niso omejeni le na rodila. Poleg mukopurulentnega do hemoragičnega izcedka iz nožnice, se pojavljajo tudi številni sistemski klinični znaki, kot so bruhanje, driska, pomanjkanje apetita, polidipsija, poliurija, tahikardija, tahipneja, šibek pulz, blede ali hiperemične sluznice, dehidracija in apatičnost. Pri palpaciji trebuha je prisotna bolečina, palpira se povečan obseg maternice. V primerih, ko je maternični vrat zaprt in se vsebina maternice ne izceja iz nožnice, so sistemski znaki pogosto bolj resni, postavitev pravilne diagnoze pa težja. Do 40 % mačk s piometro nima izcedka iz nožnice, pogosto pa ga lastnik niti ne opazi, ker si mačka z lizanjem dlako sama očisti (2).

DIAGNOSTIKA

Diagnozo postavimo na podlagi anamneze, osnovnega kliničnega pregleda, hematološke in biokemične analize krvi, ultrazvočne preiskave, rentgenskega slikanja abdomna in citologije nožničnega izcedka. Slikovna diagnostika ima velik pomen pri določanju velikosti maternice in izključitvi ostalih vzrokov za njeno povečanje. Z rentgenskim slikanjem ugotovimo večjo tubularno strukturo v kavdoventralnem delu abdomna, ki je v primeru emfizematozne piometre lahko napolnjena s plinom. Prednost ultrazvočne preiskave je v odkrivanju intrauterine tekočine tudi v primerih, ko premer maternice ni povečan in ugotavljanju morebitnih dodatnih patoloških sprememb maternice in jajčnikov, ki lahko negativno vplivajo na izid zdravljenja. Diferencialne diagnoze vključujejo mukometro, hidrometro in hemometro (2).

Krvna preiskava pokaže levkocitozo z nevtrofilijo in pomikom v levo ter monocitozo, značilna je tudi normocitna in normokromna regenerativna anemija (2). Anemija se pojavi zaradi zmanjšane proizvodnje eritrocitov, ki je posledica sistemskega vnetnega odziva (6). V nekaterih primerih je prisotna levkopenija, ki pomeni slabšo prognozo (8). Pogosto je ugotovljena ledvična disfunkcija, h kate-

RUCTUS

ri prispevajo endotoksemija, motnje v delovanju glomerulov, poškodbe ledvičnih cevk in zmanjšana odzivnost na antidiuretični hormon. V krvi je povečana količina vnetnih mediatorjev in proteinov akutne faze, prisotno je lahko hiperkoagulabilno stanje (2).

V nedavni raziskavi so ugotovili, da pri psicah s piometro obstajajo številne spremembe v izražanju beljakovin v slini. Proteini sline bi lahko predstavljali potencialne neinvazivne biomarkerje za diagnostiko in spremljanje bolezni v prihodnosti (9).

ZDRAVLJENJE

Ovariohisterektomija je najvarnejši in najbolj učinkovit način zdravljenja piometre, saj se s tem odstrani vir okužbe in prepreči njeno ponovitev. Pred operacijo je nujna stabilizacija živali in ustrezna tekočinska terapija. Pri zmerno do močno prizadetih živalih je ob pojavu sepse ali drugih resnih zapletov potrebna intravenska aplikacija širokospektralnih antibiotikov. Med operacijo je pomembno previdno ravnanje s tkivi, saj je maternica velikokrat zelo velika, krhka in podvržena rupturam (Slika 2). Pri kontaminaciji trebušne votline z vsebino maternice je potrebno spiranje trebušne votline z ogreto fiziološko raztopino, namesti se lahko tudi aktivno drenažo. Po operaciji je nujno skrbno spremljanje živali, splošno zdravstveno stanje pa se praviloma hitro izboljša in normalizira znotraj dveh tednov (2).

Slabosti kirurškega zdravljenja so tveganja, povezana z anestezijo in samim kirurškim posegom, poleg tega so po posegu živali sterilne. Kirurškemu zdravljenju je alternativno zgolj medikamentozno zdravljenje (10). Slednje je možno pri mladih, sicer zdravih živalih ali živalih, za katere bi bili anestezija in operacija preveč tvegani. Najpogosteje uporabljena zdravila so prostaglandin $F_2\alpha$ ($PGF_2\alpha$) ali njegov sintetični analog kloprostenol, antagonisti progesteronskih receptorjev, kot je aglepriston in agonisti dopamina (2). Pri medikamentozno zdravljenih psicah se zaradi velike verjetnosti ponovitve piometre priporoča obrejitev pri naslednji gonitvi (10). Kadar je že prisoten kateri od naslednjih znakov, npr. peritonitis, sepsa, povišana telesna temperatura, hipotermija, motnje v delovanju organov in v primerih, ko je maternični vrat zaprt, zgolj medikamentozno zdravljenje ni priporočljivo (2).

ZAPLETI IN RAZPLETI

Najpogostejši zapleti pri kirurško zdravljenih psicah s piometro so peritonitis, okužba sečil, okužba rane, uveitis in srčna aritmija. Levkopenija, zvišana telesna temperatura in hipotermija so povezane s povečanim tveganjem za peritonitis. Zmerna do huda prizadetost živali, blede sluznice in levkopenija pa vodijo v podaljšano pooperativno hospitalizacijo (11).

Čeprav je pri mlajših in tudi starejših živalih prognoza po opravljeni ovariohisterektomiji dobra, se štelo zapletov in stopnja umrljivosti s starostjo živali povečujeta. Ugotovili so, da poseg ovariohisterektomije ni zmanjšal pričakovane življenjske dobe pri živalih, če te niso imele drugih večjih zdravstvenih problemov, lastniki pa poročajo, da je kvaliteta življenja njihovih psic in mačk po operaciji enaka ali celo boljša kot pred pojavom piometre (1).

Slika 2: Maternica med kirurško odstranitvijo, povečana zaradi akumulacije gnoja (Foto: Erjavec V.)

ZAKLJUČEK

Glavna preventiva za pojav piometre je elektivna sterilizacija zdravih psic in mačk. Ker pa je slednja povezana tudi z mnogimi negativnimi stranskimi učinki, je pomembna individualna ocena stopnje tveganja za takšen poseg. Piometra je lahko smrtno nevarna bolezen in povzroči resne zaplete, vendar pravilno odločanje o zdravljenju živali praviloma vodi v dobre dolgoročne rezultate in pričakovano polno življenjsko dobo.

LITERATURA

1. Pailler S, Dolan ED, Slater MR, Gayle JM, Lesnikowski SM, DeClementi C. Owner-reported long-term outcomes, quality of life, and longevity after hospital discharge following surgical treatment of pyometra in bitches and queens. JVMA, 2022. 260(S2):S57-S63. https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/260/S2/javma.20.12.0714.xml
2. Hagman R. Pyometra in Small Animals 2.0. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2022. 52(3):631-657. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195561622000043?via%3Dihub
3. Smith FO. Canine pyometra. Theriogenology. 2006. 66(3):610-2. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X06002597?via%3Dihub
4. Ball RL, Birchard SJ, May LR, Threlfall WR, Young GS. Ovarian remnant syndrome in dogs and cats: 21 cases (2000-2007). J Am Vet Med Assoc. 2010. 236(5):548-53. https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/236/5/javma.236.5.548.xml
5. Hagman R, Ström Holst B, Möller L, Egenvall A. Incidence of pyometra in Swedish insured cats. Theriogenology. 2014. 82(1):114-20. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X-14001484?via%3Dihub
6. Fransson B, Ragle C. Canine Pyometra: An Update on Pathogenesis and Treatment. Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian - North American Edition. 2003. 25(8):602-612 https://www.researchgate.net/publication/288153676_Canine_Pyometra_An_Update_on_Pathogenesis_and_Treatment
7. Hernandez JL, Besso JG, Rault DN, Cohen AH, Guionnet A, Begon D, Ruel Y. Emphysematous pyometra in a dog. Vet Radiol Ultrasound. 2003. 44(2):196-8. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1740-8261.2003.tb01270.x
8. Hagman R. Clinical and molecular characteristics of pyometra in female dogs. Reprod Domest Anim. 2012. 47 Suppl 6:323-5. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rda.12031
9. Franco-Martínez L, Horvatić A, Gelemanović A, Samardžija M, Mrljak V, Contreras-Aguilar MD, Martínez-Subiela S, Dąbrowski R, Tvarijonaviciute A. Changes in the Salivary Proteome Associated With Canine Pyometra. Front Vet Sci. 2020. 7:277. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.00277/full
10. Fieni F, Topie E, Gogny A. Medical treatment for pyometra in dogs. Reprod Domest Anim. 2014. 49 Suppl 2:28-32. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rda.12302
11. Jitpean S, Ström-Holst B, Emanuelson U, Höglund OV, Pettersson A, Alneryd-Bull C, Hagman R. Outcome of pyometra in female dogs and predictors of peritonitis and prolonged postoperative hospitalization in surgically treated cases. BMC Vet Res. 2014. 10:6. https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-6148-10-6

Aja Brecelj Kolar

Eva Vodopija

Hana Mauhler

Nika Zobec

Jan Velikanje

Valentina Šket

Lea Težak

Eva Vodopija

DIAGNOSTIKA IN UKREPI PRI GARJAH

Seminarska naloga pri predmetu Bolezni in zdravstveno varstvo prašičev

Avtorica: Nina Pavlin, študentka Veterinarske fakultete
Mentorja: izr. prof. dr. Marina Štukelj, dr. vet. med. in asist. dr. Jan Plut, dr. vet. med., Klinika za reprodukcijo in velike živali, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

IZVLEČEK

Povzročitelj sarkoptičnih garij pri prašičih je *Sarcoptes scabiei var. suis*. Garje so razširjene po vsem svetu. So ekonomsko zelo pomembna bolezen, zato je poglavitno, da bolezen diagnosticiramo, izvajamo monitoring v smislu preverjanja uspešnosti izvedenih ukrepov in izvajamo preventivne ukrepe. Diagnozo garjavosti lahko postavimo na podlagi kliničnega pregleda, pregleda kožnega ostružka pod mikroskopom, testa ELISA in verižne reakcije s polimerazo (PCR). Zdravi se jih z ivermektonom, doramektinom ali topikalnimi pripravki, kot so amitraz, fosmet in različni zeliščni pripravki. Eradikacija garij je v preteklosti že bila uspešna tako v manjših kot v večjih rejah prašičev.

Ključne besede: *Sarcoptes scabiei*, garje, diagnoza, zdravljenje, eradikacija

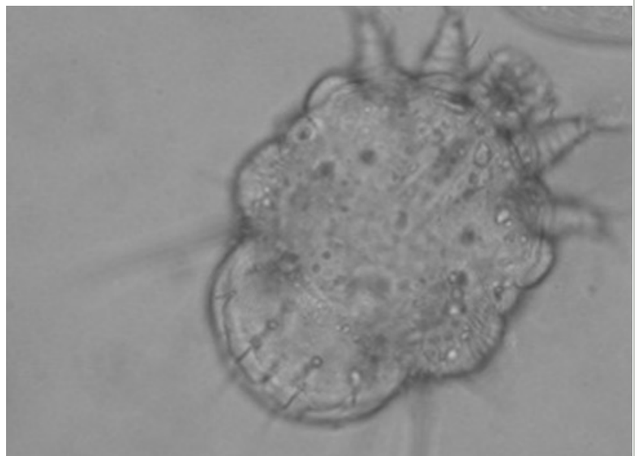
1 UVOD

1.1 Garje pri prašičih

Garje so najpomembnejša kožna bolezen prašičev, ki se odražajo v slabšem prirastu in konverziji krme, lahko tudi agresivnosti ter grizenju repov sovrstnikom (Šabec in Valenčak, 2000). So eden najpomembnejših in zelo pogostih vzrokov za ekonomske izgube v reji prašičev (Davies, 1995; Galuppi et. al., 2007) in so prisotne po vsem svetu (Laha, 2015). Z ekonomskega vidika je garjavost pomembna bolezen zaradi povečanja klavnih stroškov v primerih hujših kožnih lezij in stroškov nastalih z uporabo akaricidov v infestiranih čredah (van der Heijden et. al., 1999). Povzročitelj garij pri prašičih je *Scarcoptes scabiei var. suis*, majhen ektoparazit iz družine *Sarcoptidae*. V dolžino meri do 0,5 mm, je sive do bele barve in je viden le pod mikroskopom (Slika 1) (Laha, 2015). V čredah prašičev je ubikvitaren, če se ne izvaja zelo temeljitih ukrepov za eradikacijo (Davies, 1995).

Odrasle samice živijo do 30 dni. V tem času ležejo 1–3 jajčeca na dan v rove, ki jih izkopljejo v koži. V obdobju petih dni se iz jajčec izležejo ličinke. Ličinke se levijo v nimfe, ki se nato levijo v odraslo obliko parazita. Celoten življenjski krog traja od 10 do 15 dni, odvisno od nekaterih zunanjih dejavnikov, ki vplivajo na hitrost razvoja. *S. scabiei* se ne razmnožuje v okolju, le na gostitelju. Edina specifična gostitelja za to podvrsto garij sta domači in divji prašič. V okolju lahko preživi do 12 dni, pri temperaturi od 7 °C do 18 °C in relativni vlagi od 65 do 75 % (Laha, 2015).

Slika 1: Odrasel Sarcoptes scabieo pod svetlobnim mikroskopom (100x povečava). (Laha, 2015)



Prenos *S scabiei var. suis* med prašiči je najpogostejši z neposrednim stikom, možen pa je tudi s kontaminiranim nastiljem in s kontaminirano opremo (Davis in Moon, 1990). Svinje lahko garje prenesejo na sesne pujske (Laha, 2015). Plemenske živali so pomemben vir okužbe za mlajše kategorije prašičev na farmi (Davies, 1995).

Poznamo tri klinične oblike garjavosti, ki se razlikujejo po starosti procesa ter po kliničnih znakih:

1. Akutna ali hipersenzitivna oblika

Klinični znaki akutne oblike so posledica preobčutljivostne reakcije (tipa I ali IV) na beljakovine v ustnem izločku povzročitelja (Davis in Moon, 1990). Značilna klinična znaka za to obliko sta eritematozna koža in pruritus (Heinonen et. al., 2000).

2. Kronična, krastava ali hiperkeratotočna oblika

Kronična oblika je verjetno posledica zavrtega ali drugače okvarjenega imunskega sistema. Običajno se pojavi pri starejših svinjah in merjascih, pri katerih je odsotna preobčutljivost na garjavca in je manifestacija velike populacije garjavcev, ki povzroča poškodbe in proliferacije povrhnjice gostitelja (Davis in Moon, 1990). Značilna sta zadebeljena koža in formiranje krast po telesu (Heinonen et. al., 2000).

3. Subklinična oblika

Pri subklinični obliki je kliničnih znakov malo ali pa niso opazni (Heinonen et. al., 2000).

Slika 2: Izguba ščetin zaradi zadebeljene kože (Laha, 2015)

Slika 3: Kraste v uhlju prašiča (Davis D, 1990)

2 DIAGNOSTIKA GARIJ

2.1 Klinični pregled in klinični znaki

Na infestiranem področju kože je videti pordelost, formiranje krast, hiperkeratozo, izpadanje ščetin in nagubano, grobo, trdo, azbestu podobno kožo. Lezije so prisotne predvsem na uhljih, glavi, vratu, ramenih, nogah in hrbtu prašičev (Sliki 2 in 3). Pomemben simptom je srbež (lat. *pruritus*) (Laha, 2015), ki je lahko zelo intenziven in je posledica sproščanja histamina iz mastocitov zaradi njihove aktivacije (Davis in Moon, 1990).

Diagnoza garij pri živalih se pogosto določi na terenu na podlagi opazovanja (Fraser et. al., 2018). Konvencionalna metoda za monitoring je ocenjevanje indeksa pruritusa in dermatitisa (pri zakolu), a je dokaj nespecifična (van der Heijden et. al., 1999), obstaja pa pozitivna korelacija med prisotnostjo garjavcev in ocenami, ki se jih poda na podlagi opazovanja. Prednost opazovanja je v tem, da živali ni potrebno ujeti in jim povzročati stresa. Metoda je učinkovita predvsem za diagnostiko že napredovanih bolezni, občutljivost pa je v primerjavi z mikroskopskim pregledom vzorca slabša (Fraser et. al., 2018). Kljub temu je predvsem pri odraslih živalih opazovanje kliničnih znakov, kot je srbež, verjetno boljši indikator infestacije z garjavci kot pregled kožnega ostružka (Heinonen et. al., 2000).

2.2 Kožni ostružek

Koža mora pri odvzemu kožnega ostružka rahlo zakrvaveti oziroma »zarositi«. Preveč površinsko vzet vzorec brez zarositve kože, ni ustrezen, saj se garjavec nahaja globje v epidermisu (Laha, 2015). Pregled kožnih ostružkov in opazovanje garjavcev pod mikroskopom nudi najbolj zanesljivo diagnozo (Galuppi et. al., 2007). Specifičnost testa je zelo visoka (do 100 %), občutljivost pa je nizka (Laha, 2015). Pregled kožnega ostružka pod mikroskopom je kljub nizki občutljivosti prvi test izbire za postavitev diagnoze garjavosti (van der Heijden et. al., 1999).

2.3 ELISA

S testom ELISA (angl.: *Enzyme-linked Immuno-Sorbent Assay*) lahko ugotavljamo prisotnost specifičnih serumskih proteiteles proti *S scabiei var. suis.* ELISA se lahko uporablja za monitoring

uspešnosti eradikacije v posameznih čredah (Heinonen et. al., 2000). Možna je navzkrižna reakcija na protitelesa proti hišni pršici (*Dermatophagoides pternonyssinus*) ali močni pršici (*Acarus siro*). Potrebno se je izogniti detekciji maternalnih protiteles, zato se ta metoda diagnostike uporablja pri sesnih pujskih starejših od sedem tednov (van der Heijden et. al., 1999).

2.4 PCR

Fraser et al. (2018) so pri preučevanju garjavosti pri vombatih ugotovili, da ima metoda PCR (angl. *Polymerase Chain Reaction*), izvedena na kožnih ostružkih večjo občutljivost kot mikroskopski pregled ostružka (pri PCR do 100 %, pri mikroskopskem pregledu do 85 %). Kot vzorec za preiskavo PCR je ustrezen ne-invazivni kožni bris, a je občutljivost v temu primeru manjša. Metodo PCR so identificirali kot ustrezno podporo in izboljšavo že uveljavljeni mikroskopiji in izpostavili nizko občutljivost drugih testov v primerjavi s PCR.

3 UKREPI ZA PREPREČEVANJE GARJAVOSTI PRI DOMAČIH PRAŠIČIH

3.1 Zdravljenje

3.1.1 Laktonski derivati avermektinov

Uporaba makrocikličnih laktonov (ivermektin, doremaktin) učinkovito zdravi infestacijo s *S. scabiei var. suis.* Uporaba injekcijskih pripravkov je za lastnika ugodna, saj delujejo kot endektodialni agenti in hkrati zdravijo infestacije tako z notranjimi kot z zunanjimi zajedavci (Laha, 2015).

Ivermektin:

- Peroralni pripravek 300–500 µg/kg telesne mase je do 100 % učinkovit.

- Enkratna ali dvokratna subkutana injekcija 300 µg/kg telesne mase je učinkovita.

Doramektin:

- Naravno okužena čreda je bila uspešno zdravljena z eno intramuskularno injekcijo 300 µg/kg telesne mase doramektina (1 %).

- V primerjavi z ivermektinom je bila pri doramektinu odkrita daljša perzistentna efektivnost: doramektin 18 dni, ivermektin 9 dni.

Ponovitev zdravljenja je nujna, saj večina akaricidov ne uniči jajčec. Zdravljenje z akaricidi je drago, zahteva veliko dela in lahko vodi v razvoj odpornosti parazitov na akaricide (Davis in Moon, 1990).

3.1.2 Topikalni pripravki

Nekoliko cenejši pristop, ki pa zahteva več dela in časa, je uporaba topikalnih pripravkov proti garjam.

Amitraz (0,1 %)

- Apliciran 3-krat v razmakih 1 teden je bil uspešno uporabljen za nadzor izbruha garij (Laha, 2015).

Fosmet (20 %)

- Topikalni pripravek, 20 mg/kg telesne mase, v kombinaciji z uporabo triklorfona (2 %) za čiščenje okolja (Laha, 2015).

Topikalni pripravki lahko vsebujejo tudi zdravilne rastline. Te so se v različnih kombinacijah že uporabile za zdravljenje garij. Laha (2015) je navedla nekaj v preteklosti uspešnih kombinacij:

- mešanica čebule, česna, limone, kurkume in gunje v prahu (*Abrus precatorius*),

- čebula, limonin ekstrakt, česen, kurkuma v prahu, kafra v karanja olju (enkrat dnevno, 5 dni zapored)

- ekstrakti pelina, česna, navadnega vratiča, sosnovskijevega dežena in čajevca so se vsi izkazali za toksične pršicam, najbolj ekstrakt sosnovskijevega dežena, (2 aplikaciji pripravka, med njima teden premora),

- zeliščna krema vsebujoča olja navadnega lana, modrega gumijevca, kafrovca, svete bazilike, pisanolistnega kolmeža ter Tankana praške (2-krat dnevno, 7 dni zapored),

- olje plodov indijske melije (50 mL), karanja olje (50 mL) in kafrovec v prahu (10 g).

3.2 Eradikacija

Zdravljenje in monitoring infestiranih živali je nujno za nadzor nad *S scabiei* pri prašičih (Laha, 2015). Efektivnost zdravljenja pri živalih je odvisna od temeljitosti, tako na ravni črede kot tudi na ravni posameznih prašičev. Ponovno okužbo je možno preprečiti, če so novo prispeli merjasci, svinje in mlajše živali zdravljene in dokazano proste povzročitelja preden vstopijo v rejo, torej preko karantene (Davis in Moon, 1990). Živali morajo biti kupljene v rejah prostih garij (Laha, 2015). Ti pristopi se morajo uporabljati tudi v plemenskih čredah in nakupu semena (Davis in Moon, 1990).

Fotografija: Freepik.com

Možnost eradikacije garij iz rej prašičev je bila dokazana v manjših rejah, Heinonen et. al. (2000) pa so jo uspešno izpeljali tudi v sodobnih večjih rejah z uporabo dveh metod. Pri prvi so uporabili dva odmerka ivermektina (300 µg/kg telesne mase) v razmaku 14 dni, pri drugi pa raztopino foksima, 3-krat v razmaku 6 dni. Laha (2015) navaja, da je eradikacija garij uspešna pri uporabi premiksa z ivermektinom vmešanega v krmo (100 µg/kg telesne mase/dan) krmljenega po principu 7–7–7, kar pomeni sedem dni zauživanja premiksa, sedem dni premora in še sedem dni zauživanja premiksa. Ob tem je treba skrbeti za vse ukrepe notranje in zunanje biovarnosti (Laha, 2015).

Zaradi možnega prenosa s svinje na sesne pujske je priporočljivo, da se svinji tik pred selitvijo v prasilišče subkutano aplicira ivermektin (300 µg/kg telesne mase) (Laha, 2015). Ko sesni pujski rastejo, se jih za preprečitev horizontalnega prenosa med starostnimi skupinami seli iz enega boksa v drugega po pristopu vsi noter, vsi ven (angl.: *all-in, all-out*) (Davis in Moon, 1990). Izogibati se je potrebno prenapolnjenosti boksov in redno čistiti objekt z akaricidnimi pripravki s pozornostjo na razpoke (Laha, 2015).

V eradikacijskih programih se lahko za monitoring uporablja serološki test ELISA za dokaz protiteles proti *S scabiei var suis*. Po končanem programu

eradikacije lahko traja več kot 9 mesecev, da pri prašičih ne zaznavamo več specifičnih protiteles. Primer nižje cenovnega monitoringa je pregled kožnih lezij v klavnici v kombinaciji z objektivnimi kliničnimi pregledi (Davies, 1995).

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

Opazovanje kliničnih znakov, predvsem določitev indeksa pruritusa in opazovanje pojavnosti kožnih lezij v kombinaciji z mikroskopskim pregledom kožnega ostružka, ki nudi patognomonično diagnozo, je običajno dovolj za postavitev diagnoze in potrditev bolezni. Zaradi nizke občutljivosti je ta pristop neprimeren za monitoring uspešnosti eradikacije bolezni (Galuppi et. al., 2007; van der Heijden et. al., 1999; Laha, 2015). Vzorčenje mora biti izvedeno pravilno, dovolj globoko in z več mest na koži, da izboljšamo občutljivost metode (Fraser et. al., 2018; Laha, 2015).

Za namen eradikacije sta primernejši uporaba metod ELISA ali PCR v kombinaciji z mikroskopskim pregledom kožnega ostružka. Zagotoviti želimo namreč tako odsotnost parazita kot odsotnost protiteles. Do popolne izgube specifičnih protiteles bo prišlo ne prej kot 9 mesecev po zadnjem stiku s povzročiteljem (Davies, 1995). Odsotnost protiteles v reji in dokazana prisotnost povzročitelja lahko nakazujeta tudi na to, da gre za novejšo infestacijo in se specifična protitelesa še niso pojavila (Galuppi et. al., 2007). Pomanjkljivost testa ELISA je možnost navzkrižne reakcije na protitelesa proti hišni in močni pršici ter nezanesljivost vzorčenja pujskov mlajših od sedem tednov, ki imajo lahko maternalna protitelesa (van der Heijden et. al., 1999).

Metoda PCR se zato, ker se zazna del genoma *S. scabiei* in ne protiteles, kot ELISA, tem pomanjkljivostim lahko izogne. Kljub temu sta tako ELISA kot PCR relativno dragi metodi in bi bilo finančno smiselnost njune uporabe za monitoring potrebno ovrednotiti glede na posamezne primere (Fraser et. al., 2018; van der Heijden et. al., 1999).

Pristop k zdravljenju garij se mora cenovno in časovno opredeliti. Terapija z ivermektinom ali doramektinom je dražja, a časovno manj potratna in tako morda bolj smiselna za večje reje. V skladu z življenjskim krogom povzročitelja je potrebno zdravljenje ponoviti po 14 dnevih, saj večina akaricidov ne deluje na jajčeca, kar podvoji ceno. Terapija s topikalnimi pripravki je cenejša, a zahteva veliko časa in dela, kar je bolj primerno za manjše reje (Laha, 2015). Pri trdovratnih ponavljajočih infestacijah in dolgotrajni rabi akaricidov bi morda lahko posegli po topikalnih pripravkih za preprečevanje razvoja odpornosti parazitov na ivermektin in doramektin (Davis in Moon, 1990).

Za eradikacijo garij iz reje je potreben ustrezen monitoring, preventivno zdravljenje ter splošni biovarnostni ukrepi. Zaradi pomembnosti plemenske črede pri prenosu povzročitelja je smiselno, da se jih preventivno tretira z ivermektinom in se skrbi za primerno higieno okolja in samih živali. Pomembno je, da se v rejo na novo vnaša le živali, ki so tretirane in dokazano proste garij (Davis in Moon, 1990).

VIRI IN LITERATURA

1. Davies P. Sarcoptic mange and production performance of swine: a review of the literature and studies of associations between mite infestation, growth rate and measures of mange severity in growing pigs. Vet Parasitol 1995; 60: 249–64 DOI: 0.1016/0304-4017(95)00795-3
2. Davis D, Moon R. Dynamics of Swine Mange: A Critical Review of the Literature. J. Med. Entomol 1990; 27(5): 727–37 DOI: 10.1093/jmedent/27.5.727
3. Fraser T, Martin A, Polkinghorne A, Carver S Comparative diagnostics reveals PCR assays on skin scrapings is the most T reliable method to detect Sarcoptes scabiei infestations. Vet Parasitol 2018; 251: 119–24 DOI: 10.1016/j.vetpar.2018.01.007
4. Galuppi E, Avenoso A M, Leotti G, Ostanello F, Poglayen G Diagnosis of Sarcoptic Mange in Slaughtered Swine. Vet Res Commun 2007; 31(Suppl. 1), 233–6. DOI: 10.1007/s11259-007-0013-8
5. Heinonen M, Bornstein S, Kolhinen R, Saloniemi H, Tuovinen V Eradication of Porcine Sarcoptic Mange within a Health Declared Production Model. Acta Vet Scand 2000; 41(1): 41–50 DOI: 10.1186/bf03549654
6. Laha R. Sarcoptic mange infestation in pigs: an overview. J Parasit Dis 2015; 39(4): 596–603 DOI: 10.1007%2Fs12639-014-0419-5
7. Šabec D, Valenčak Z. Bolezni prašičev. Ljubljana: Veterinarska fakulteta, 2000: 40–2
8. van der Heijden H, Rambags P, Elbers A, Maanen C, Hunneman W. Validation of ELISAs for the detection of antibodies to Sarcoptes scabiei in pigs. Vet Parasitol 2000; 89(1–2):95–107 DOI: 10.1016/s0304-4017(00)00197-7

DOLGOROČNI UČINEK ANTIBIOTSKE TERAPIJE NA MIKROFLORO IN IMUNSKI SISTEM PUJSKOV

Seminarska naloga pri predmetu Bolezni in zdravstveno varstvo prašičev

Avtorica: Aja Brecelj Kolar, študentka Veterinarske fakultete
Mentorica: asist. dr. Irena Golinar Oven, dr. vet. med., Klinika za reprodukcijo in velike živali, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

IZVLEČEK

V intenzivnih rejah prašičev se antibiotike pogosto daje zelo zgodaj za preprečevanje okužb dihal in prebavil. Pogosto pa so prašiči v intenzivnih rejah izpostavljeni tudi stresu. Neposredni učinki teh zdravljenj vplivajo na kolonizacijo mikrobov, funkcionalnost in razvoj imunskega sistema sesnih pujskov. Zgodnje dajanje antibiotikov ima dolgotrajne učinke na črevesno mikrobioto in na funkcionalnost črevesja. Antibiotiki izrazito spremenijo sestavo mikrobiote v ileumu in blatu z zmanjšanjem populacij bakterij *Bifidobacterium, Lactobacillus* in *Ruminococcus* ter povečanjem številčnosti *Escherichia coli* in *Clostridium spp*. Antibiotiki znatno zmanjšajo raznolikost črevesne mikrobiote, spremenijo njeno strukturo, funkcijo in presnovo bakterijske skupnosti ter povečajo številčnost genov za odpornost na antibiotike.

UVOD

Črevesna mikrobiota pri prašičih pridobiva vse večjo pozornost raziskovalcev zaradi svoje vloge pri spodbujanju zorenja črevesja, modulaciji imunskega sistema in posledično izboljšanju zdravja in rasti. Tanko črevo je ključno mesto za oceno interakcije mikrobiote, prehrane in gostitelja, ker je glavno mesto za prebavo in absorpcijo hranil ter igra pomembno vlogo pri imunskem sistemu. Prehrana in krmni dodatki so glavni dejavniki, ki vplivajo na mikrobno sestavo in so pomembni pri spodbujanju koristne populacije mikrobiote. Interakcijo mikrobiota – gostitelj modulira imunski sistem, hkrati pa imunski sistem pomaga modulirati sestavo mikrobiote. Poleg tega je treba pri dodajanju krmnih dodatkov za spodbujanje zdravja črevesja prašičev upoštevati njihovo vlogo pri vplivu na mikrobioto. Mikrobiota deluje kot biomarker za različne prehranske dodatke in antibiotike glede na njihov učinek na sluznico. Črevo prašičev je kolonizirano z gosto, dinamično in zelo kompleksno skupnostjo mikroorganizmov, sestavljenih predvsem iz bakterij. Vzdolž črevesja se vzorec mikrobiote izrazito spreminja zaradi fizikalno-kemijskih razlik v mikrookolju (Duarte in Kim, 2022; Schokker in sod., 2015).

Mikrobiota, v povezavi s sluznico, deluje kot prvi branilec pred patogenimi mikroorganizmi. Zaradi mikrobiote se izločajo imunoglobulini A (IgA), ki modulirajo kolonizacijo bakterij in preprečujejo prenos bakterij skozi epitelijsko plast črevesja. Poleg tega lahko mikrobiota presnavlja določene toksine iz krme in lahko sintetizira določene vitamine, ki jih nato uporabi črevesni epitelij gostitelja. Dokazano je tudi, da črevesna mikrobiota podpira zorenje črevesnih epitelijskih celic in njihovih pregradnih funkcij, kar spodbuja homeostazo črevesnega imunskega sistema. Zgodnja vzpostavitev črevesne mikrobiote je izjemno pomembna za zorenje črevesnega imunskega sistema, delovanje pregrade ter posledično vpliva na zdravje in rast prašičev. Poleg tega črevesna mikrobiota poveča občutljivost pujskov na rastni hormon (Duarte in Kim, 2022).

Učinkovit vnos hranil in vzdrževanje imunske homeostaze sta glavna predpogoja za zdravo črevesje prašičev. Na obe značilnosti vplivajo genetski dejavniki, sestavine v živalski krmi ter sestava in raznolikost črevesne mikrobiote. Mikrobiota tankega črevesa naj bi imela pomembno vlogo pri imunosti, povezani z rakom in nalezljivimi boleznimi, v primerjavi z mikrobioto iz debelega črevesa. Različne kategorije prašičev v svojem življenju jedo krmo, ki se po sestavi močno razlikuje. Takšne prehranske spremembe pa močno vplivajo na sestavo in raznolikost mikrobiote v črevesju (Schokker in sod., 2015; Krivec, 2020).

Takoj po rojstvu črevesje pujskov kolonizira mikrobiota, pridobljena od matere in iz okolja. Ta primarna kolonizacija je pomembna za pravilen razvoj in prilagajanje lokalnega in sistemskega imunskega sistema živali. Ker na tej stopnji potrebni regulativni in epigenetski procesi, na katerih temelji imunska homeostaza črevesja, še niso v celoti razviti, je sestava in raznolikost kolonizirajoče mikrobiote zelo dovzetna za okoljske spremembe. V sodobnih sistemih prašičereje pujski doživljajo različne okoljske dejavnike, ki se spreminjajo v času in/ali intenzivnosti, na primer v obdobjih odstavitve, transporta in mešanja živali, zaradi sprememb temperature, krme, uporabe zdravil (antibiotikov), cepiv in z izpostavljenostjo (patogenim) mikroorganizmom (Schokker in sod., 2015; Plut in Štukelj, 2018).

Mikrobiota, v povezavi s sluznico, uravnava tudi proizvodnjo sluzi, kar predstavlja fizično oviro pred patogenimi mikroorganizmi. V sluznici črevesja se v velikem številu nahajajo predvsem bakterije *Prevotella, Lactobacillus* in *Bifidobacterium* in so koristne zdravju. Medtem ko so bakterije *Campylobacter, Clostridium, Veillonella* in *Helicobacter* potencialno škodljive in povezane s črevesno disbiozo. Te bakterije bi lahko uporabili kot biomarkerje pri prehranskih posegih. Zato je razumevanje vloge črevesne mikrobiote in njene interakcije z gostiteljem bistveno pri pripravi krme in uporabi prehranskih dopolnil ter antibiotikov v proizvodnji prašičev (Duarte in Kim, 2022).

Namen članka je predstavitev dolgoročnega učinka antibiotske terapije pujskov na njihovo mikrofloro in imunski sistem. Črevesna mikrobiota je v proizvodnji prašičev zelo pomembna zaradi svoje vloge pri spodbujanju zorenja črevesja, modulaciji imunskega sistema in posledično izboljšanju zdravja in rasti gostitelja.

RAZISKAVE

V intenzivnih rejah prašičev se antibiotiki pogosto dajejo v zgodnjih življenjskih obdobjih za preprečevanje okužb dihal in prebavil, pogosto v kombinaciji s stresnim ravnanjem. V večini citiranih raziskav so pujske razdelili v tri različne skupine, da bi raziskali dolgotrajen učinek zdravljenja z antibiotiki. Pujske so razdelili v sledeče skupine: 1) brez antibiotikov in brez stresa, 2) antibiotiki in brez stresa in 3) antibiotiki in stres. V raziskavi Schokkerja in sodelavcev (2015) so z zdravljenjem pujskov začeli četrti dan po rojstvu. Pujskom so subkutano injicirali 0,1 ml tulatromicina (odmerek 2,5 mg/kg [1 ml/40 kg] telesne mase). Vzorčenje vsebine jejunuma za analizo mikrobiote ter jejunalnega in ilealnega tkiva za profiliranje transkripcije v celotnem genomu, je bilo izvedeno 55. dan (8. teden) in 176. dan (25. teden) po rojstvu. Ugotovljeno je bilo, da ima zdravljenje z antibiotiki v kombinaciji z ali brez izpostavljenosti stresu dolgotrajne učinke na ekspresijo genov v črevesju gostitelja, vključno z imunsko povezanimi procesi, kot tudi vpliv na sestavo mikrobiote, vendar brez bistvenih razlik med zdravljenimi skupinami, kar je najverjetneje posledica na novo pridobljene mikrobiote med in takoj po odstavitvi (28. dan). Posledično se mikrobiota črevesja različno zdravljenih skupin razvije v različne homeostaze. V črevesju prašičev so neposredno po odstavitvi našli Streptococcus suis, potencialni patogen, v večji količini in več vrst bakterije *Prevotella*, vključno s *Prevotella melaninogenica*, ki je tudi potencialni patogen, in sicer se večinoma pojavlja v zgornjem prebavnem traktu. *Bacteroides spp*. koristijo svojemu gostitelju z izključitvijo potencialnih patogenov iz kolonizacije črevesja (Schokker in sod., 2015).

Razvoj prašičje mikrobiote in njene presnovne aktivnosti so znanstveniki merili s pomočjo 16S rRNA. Konstantinov in sodelavci (2006) so analizirali mikrobioto ileuma in debelega črevesa novorojenih pujskov 2., 5. in 12. dan po rojstvu. Analiza je razkrila, da so vzorci 2-dnevnih pujskov vsebovali bakterije, kot so: *Escherichia coli, Shigella flexneri, Lactobacillus sobrius, Lactobacillus reuteri* in *Lactobacillus acidophilus*. Poleg tega so z metodo verižne

reakcije s polimerazo v realnem času razkrili, da sta *L. sobrius* in *L. reuteri* prevladovala v ilealnih vzorcih novorojenih pujskov. Po odstavitvi pa je nivo teh dveh laktobacilov v ilealnih vzorcih padel. Poleg tega so v črevesnih vzorcih pujskov v zgodnjem obdobju po odstavitvi opazili spremembe v sestavi in presnovnih aktivnostih prevladujoče mikrobiote ter pojav *Clositridium spp*. in *E. coli.*

Mikrobiota v črevesju, zlasti v debelem črevesu, je aktivno vključena v presnovo hranil. Črevesne bakterije lahko presnavljajo aminokisline, ki so tesno povezane z zdravjem gostitelja – prašiča. Študija (Pi in sod., 2019) je pokazala, da spreminjanje črevesne mikrobiote s peroralnimi antibiotiki (ampicilin, gentamicin in metronidazol) spremeni mikrobno fermentacijo aminokislin in beljakovin, z zmanjšanjem učinkovitosti izrabe dušika. Te ugotovitve kažejo na prispevek črevesne mikrobiote k presnovi dušika gostitelja. Ti rezultati tudi kažejo, da je mogoče presnovo gostiteljskega dušika modulirati s spreminjanjem črevesne mikrobiote, kar posledično vpliva na slabši imunski sistem prašiča. Poleg tega so antibiotiki povečali navidezno prebavljivost fenilalanina, valina, alanina, tirozina in aminokislin v ileumu. Antibiotiki so izrazito spremenili sestavo mikrobiote v ileumu in blatu z zmanjšanjem populacij *Bifidobacterium, Lactobacillus* in *Ruminococcus* ter povečanjem številčnosti *E. coli.*

Antibiotiki se že desetletja uporabljajo v prašičereji in drugi živinoreji tako v terapevtske kot tudi druge namene, npr. za spodbujanje rasti. Dolga leta je bila uporaba antibiotikov kot spodbujevalcev rasti povezana s koristnimi učinki, vendar obstajajo podatki, ki potrjujejo dejstvo, da ta praksa prispeva k nastanku protimikrobno odpornih bakterij, s čimer se poslabša problem odpornosti na antibiotike pri živalskih in človeških patogenih mikroorganizmih. V raziskavi Ghanbari in sodelavci (2019) so spremljali učinek oksitetraciklina, uporabljenega v terapevtskem odmerku, na dinamiko mikrobiote in rezistoma v blatu odstavljenih prašičev. Povečalo se je število Escherichiae (Proteobacteria) in Prevotellae (Bacteroidetes).

Xin Ma in sodelavci (2021) so raziskovali učinek dolgotrajne uporabe klortetraciklina na sestavo črevesne mikrobiote in variacijo genov za odpornost na antibiotike ter vpliv klortetraciklina na mikrobne skupnosti v blatu. Rezultati so pokazali, da je klortetraciklin znatno zmanjšal raznolikost črevesne mikrobiote, spremenil njeno strukturo, funkcijo in presnovo bakterijske skupnosti ter povečal številčnost genov za odpornost na antibiotike v blatu.

Fotografija: Nika Zobec

Izvedena je bila tudi zelo zanimiva študija za oceno učinkov prehranskega dopolnila ekstrakta *Scuterallia baicalensis*. Encimska biokonverzija ekstrakta se lahko uporablja kot alternativa antibiotikom (apramicin) zaradi primerljivih učinkov na rast, prebavljivost hranil, fekalno mikrobioto in emisijo fekalnih plinov, poleg tega pa je prehransko dopolnilo bolje delovalo na antioksidativne indikatorje kot apramicin (Xin Dang in sod, 2021).

RAZPRAVA IN SKLEP

Zdravljenje z antibiotiki v četrtem dnevu življenja ima dolgotrajne učinke na mikrobno sestavo in raznolikost ter na izražanje genov v črevesni sluznici. V raziskavi Schokkerja in sodelavcev (2015) so bile vse skupine pujskov izpostavljene podobnim okoljskim razmeram, kar pomeni, da so se prašiči srečali s podobno izpostavljenostjo patogenim obremenitvam, stresu (poleg zdravljenja), pa tudi sestavi, stanju in količini krme, kar kaže na to, da je klinična zgodovina teh živali skoraj identična. Učinke zdravljenj je bilo mogoče opaziti še pozneje v življenju, zlasti 55. dan po rojstvu, kar podpira idejo, da živali zaradi uporabljenih zdravljenj v zgodnji starosti drugače 'programirajo' svoj imunski sistem.

Zato bi bilo bolje, da pujskov v zgodnjem obdobju ne bi izpostavljali antibiotikom, saj si tako razvijejo drugačno, manj raznovrstno mikrofloro. Veliko bolje bi bilo, da bi mikroflora bila produkt mikroorganizmov, ki jih dobijo naravno iz okolja in od matere, saj bi tako bili najbolj prilagojeni na okolje, v katerem živijo oz. bodo živeli. S tem pa bi dobili posledično tudi boljši in bolj prilagojen imunski sistem. Prav tako je treba pri antibiotikih paziti na preudarno uporabo. Namesto antibiotikov lahko uporabimo alternative, kot so prebiotiki ali druga prehranska dopolnila.

LITERATURA

1. Duarte ME, Kim SW. Intestinal microbiota and its interaction to intestinal health in nursery pigs. Animal Nutrution 2022; 8(1):169-84. DOI:10.1016/j.aninu.2021.05.001.
2. Ghanbari M, Klose V, Crispie F, Cotter PD. The dynamics of the antibiotic resistome in the feces of freshly weaned pigs following therapeutic administration of oxytetracycline. Sci Rep 2019; 9(1):4062. DOI:10.1038/s41598-019-40496-8.
3. Konstantinov SR, Awati AA, Williams BA, Miller BG, Jones P in sod. Post-natal development of the porcine microbiota composition and activities. Environ Microbiol 2006; 8:1191–9.
4. Krivec S. Zapiski s predavanj iz. prof. dr. Štukelj M pri študijskem predmetu "Bolezni in zdravstveno varstvo prašičev" v šolskem letu 2020/21.
5. Ma X, Yang Z, Xu T in sod. Chlortetracycline alters microbiota of gut or faeces in pigs and leads to accumulation and migration of antibiotic resistance genes, Science of The Total Environment 2021; 796. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148976.
6. Pi Y, Gao M, Peng Yin sod. Antibiotic-induced alterations of the gut microbiota and microbial fermentation in protein parallel the changes in host nitrogen metabolism of growing pigs. Animal 2019; 13(2): 262-72. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731118001416
7. Plut J, Štukelj M. Klinična praksa pri predmetu bolezni in zdravstveno varstvo prašičev. https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-S3GKZSCD/99411239-e718-4420-925b-f923b36ca316/PDF. 21. 8. 2018.
8. Schokker D, Zhang J, Vastenhouw S in sod. Long-Lasting Effects of Early-Life Antibiotic Treatment and Routine Animal Handling on Gut Microbiota Composition and Immune System in Pigs. PLoS One 2015; 10(2): e0116523. DOI: 10.1371/journal.pone.0116523 .
9. Xin Dang M, Jiao Li Y, Ho Kim I. Effects of dietary supplementation of enzymatic bio-conversion of Scutellaria baicalensis extract as an alternative to antibiotics on the growth performance, nutrient digestibility, fecal microbiota, fecal gas emission, blood hematology, and antioxidative indicators in growing pigs. Livestock Science 2021; 244. DOI: https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104307 .

HEPATITIS E VIRUS PRI PRAŠIČIH IN POMEN V JAVNEM ZDRAVSTVU

Seminarska naloga pri predmetu Bolezni in zdravstveno varstvo prašičev

Avtorica: Angela Jakljič, študentka Veterinarske fakultete
Mentorica: izr. prof. dr. Marina Štukelj, dr. vet. med., Klinika za reprodukcijo in velike živali, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

IZVLEČEK

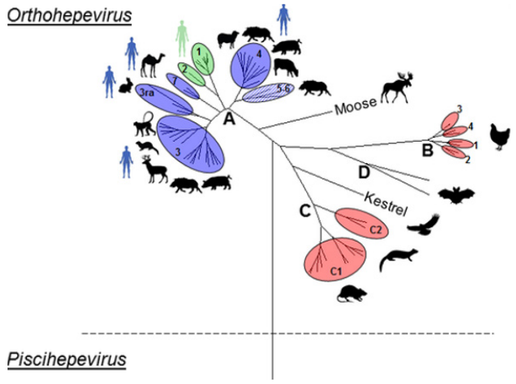
Hepatitis E virus (HEV) je virus družine *Hepeviridae*, ki pri prašičih ne povzroča bolezenskih znakov, vendar igra pomembno vlogo kot zoonoza pri ljudeh, saj povzroča akutni hepatitis, ki je včasih smrtno nevaren za nosečnice in imunokompromitirane ljudi. Domači prašiči so lahko okuženi z genotipoma 3 in 4, divji prašiči pa z genotipi 3-6, vsi ti genotipi pa se lahko prenesejo na ljudi. HEV je razširjen po vsem svetu, v razvitih industrializiranih državah sta pri ljudeh bolj pogosti okužbi z genotipoma 3 in 4, in sicer najpogosteje preko slabo termično obdelanih mesnih izdelkov. V manj razvitih državah s težko dostopno pitno vodo in slabo higieno pa sta bolj pogosta, izključno za ljudi patogena, genotipa 1 in 2. Virus se na ljudi prenaša z mesnimi izdelki, s fecesom kontaminirano vodo, sadjem, zelenjavo in celo školjkami. Za okužbe s HEV pri prašičih in ljudeh ni zdravila, zato je zelo pomembna preventiva. Virus uniči temperatura nad 71°C in alkoholna razkužila z dodatkom fosforne kisline, na Kitajskem pa je že razvito cepivo za ljudi proti genotipu 1, v Južni Koreji pa razvijajo cepivo za prašiče proti genotipu 3.

1 UVOD

Hepatitis E povzroča virus, ki je prisoten po vsem svetu in pogosto povzroča izbruhe akutnega hepatitisa pri ljudeh, zlasti v Aziji in Afriki, kjer je virus endemičen. V razvitih državah je vse več odkritih okužb z virusom hepatitisa E (HEV) zaradi zaužitja kontaminirane hrane, saj se virus prenaša po fekalno-oralni poti. Virus so prvič odkrili leta 1983, ko so prostovoljca načrtno okužili z vzorcem fecesa bolnika s hepatitisom, ki ni spadal niti v skupino A, niti v skupino B. Prostovoljec je razvil akutni hepatitis, povzročitelja pa so nato dokazali z elektronskim mikroskopom (Emerson in Purcell, 2003). Pri prašičih so HEV dokazali in karakterizirali šele leta 1997, saj pri prašičih ne povzroča bolezenskih znakov (Halbur in sod., 2001).

2 ETIOLOGIJA

Hepatitis virus E spada v družino *Hepeviridae*, ki jo sestavljata dva rodova: rod *Orthohepevirus*, v katerega spadajo vsi izolati ptic in sesalcev, in rod *Piscihepevirus* v katerega spadajo izolati kratkovrate postrvi (*Oncorhynchus clarkii*) (Meng, 2016). Je majhen enovijačen pozitivno orientiran RNA virus brez lipidne ovojnice, velikosti 27-34 nm (Meng in Cao, 2012). Virusa se ne da učinkovito gojiti na celični kulturi. Genom je dolg približno 7.2 kb, sestavljen iz 3 odprtih bralnih okvirjev (ORF), kratke 5' nekodirajoče regije (NCR) in 3' NCR. ORF1 kodira nestrukturne proteine, ORF2 kodira imunogen kapsidni protein, ORF3 kodira majhen multifunkcionalni protein, pri genotipu 1 pa so odkrili ORF4, ki kodira protein za komunikacijo med številnimi virusnimi in gostiteljevimi proteini in sodeluje z gostiteljevim eEF1α1 (angl.: eukaryotic elongation factor 1 isoform 1) pri nadzorovanju od aktivnosti virusne RNA odvisne RNA polimeraze. ORF2 in ORF3 se prekrivata, prav tako pa se ORF4 prekriva z ORF1 (Meng in sod., 2019; Nair in sod., 2016). Rod *Orthohepevirus* sestavljajo 4 vrste: *Orthohepevirus* A, ki je bil izoliran pri ljudeh, domačih prašičih, divjih prašičih, jelenih, mungosih, kuncih, losih in kamelah; *Orthohepevirus* B, ki je izoliran pri kokoših in je eksperimentalno kužen tudi za purane; *Orthohepevirus* C, ki je izoliran pri podganah, azijskih hišnih rovčicah, dihurjih in minkih; in *Orthohepevirus* D, ki je izoliran pri netopirjih. Domači prašiči so gostitelji genotipa 3 in 4, divji prašiči pa tipov 3-6. Vsaj 4 genotipi *Orthohepevirus* A so kužni za ljudi. Genotip 1 in 2 sta specifična za ljudi, 1 naj bi bil kužen tudi za labora-



Slika 1. Diagram gostiteljev HEV glede na rod, vrsto in genotip (Doceul in sod., 2016)

torijske podgane in jagnjeta. Genotipa 3 in 4 imata večji krog gostiteljev in se z živali prenašata na ljudi (Slika 1). Tudi genotipi 5, 6 in 7 naj bi predstavljali zoonoze, 5 in 6 preko divjih prašičev, genotip 7 pa preko kamel. Največji rezervoar virusa za ljudi predstavljajo domači prašiči in divje živali. Presenetljivo so protitelesa proti HEV našli tudi pri psih, mačkah, kozah, kravah in ovcah, vendar sam virus pri njih še ni bil dokazan (Meng, 2016).

3 PATOGENEZA, KLINIČNI ZNAKI IN PATOANATOMSKE SPREMEMBE

Patogeneza HEV je pri prašičih precej nepoznana, predvideva se, da se virus namnoži v gastrointestinalnem traktu in se nato razširi do svojega tarčnega organa, jeter, kjer se virus replicira (Meng in sod., 2019). Pozitivno in negativno orientirane enojne vijačnice, ki bi pomenile replikacijo virusa ekstrahepatično, so našli v tankem črevesju, kolonu in bezgavkah (Williams in sod., 2001). Ob okužbi s HEV ni kliničnih znakov, saj bolezen pri prašičih poteka subklinično ne glede na to, ali je žival okužena naravno ali eksperimentalno. Viremija je prehodna in traja 1-2 tedna, inkubacijska doba do izločanja virusa v fecesu je 3 do 27 dni po okužbi (Halbur in sod., 2001; Meng in sod., 2019). Obolevnost in smrtnost povezana s HEV pri prašičih nista znana (Meng in sod., 2019). Histopatološke spremembe na SPF (angl.: specific pathogen free) prašičih so po eksperimentalni okužbi s HEV bile: zmerno povečane jetrne in mezenterične bezgavke, multifokalni limfoplazmatični hepatitis in hepatocelularna nekroza. Zadnji dve spremembi sta bili najbolj očitni pri prašičih okuženih s humanim sevom HEV, spremembe pa so dosegle vrh 20 dni po okužbi. Kljub histopatološkim spremembam pa se nivo jetrnih encimov in bilirubina v času okužbe ni dvignil (Halbur in sod., 2001).

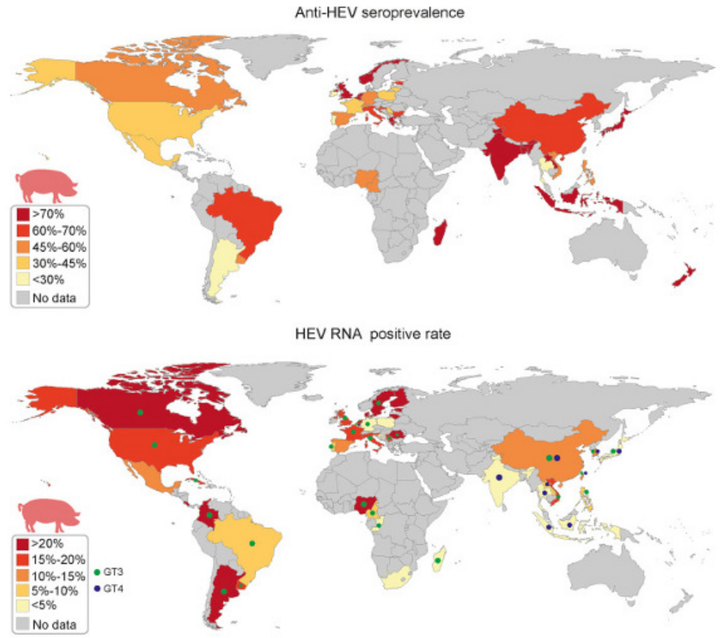
4 IMUNOST

Prva protitelesa IgM lahko ugotovimo 1-3 tedne po okužbi, ta so navadno prisotna do 10 tednov, protitelesa IgG so lahko prisotna več mesecev do let. Pujski seropozitivnih svinj so pasivno zaščiteni z maternalnimi protitelesi 2-3 mesecev starosti (Opriessnig, 2017). Kapsidni protein, ki ga kodira ORF2 je imunogen in povzroči nastanek popolne odpornosti, hkrati pa ima podobne epitope kot človeški in ptičji HEV, kar bi lahko razložilo navzkrižno imunost pri eksperimentalno okuženih primatih (Emerson in Purcell, 2003). Kapsidni proteini človeškega, prašičjega, kunčjega in ptičjega HEV imajo 48-100 % ujemanje aminokislinskega zaporedja, zato bi se v prihodnosti lahko zaradi navzkrižne reaktivnosti to dalo s pridom izkoriščati pri diagnostičnih testih (Sun in sod., 2022). Predhodna okužba prašičev s prašičjim sevom genotipa 3 naj bi tudi ščitila pred okužbo s humanim sevom genotipa 3 in 4 (Meng in sod., 2019).

5 EPIDEMIOLOGIJA

HEV se prenaša s kontaktom, najverjetneje po fekalno-oralni poti, zaradi izločanja virusa v fecesu, vendar je eksperimentalna oralna inokulacija prašičev precej neuspešna, zato druge poti okužbe niso izključljive. Prašiči naj bi se okužili preko zaužitja krme ali vode kontaminirane s fecesom okuženih živali (Meng in sod., 2019). Dokazana je prisotnost virusnega RNA tudi v urinu in mesu, kar predstavlja drugo možnost okužbe za prašiče in ljudi. V eksperimentalnih pogojih se prašiče okuži intravenozno (Bouwknegt in sod., 2009). Virus je dokaj termostabilen in se popolnoma inaktivira pri temperaturi 71°C v 20 minutah, je odporen na nizek pH prebavil in je odporen na alkoholna razkužila, nanj pa naj bi delovala alkoholna razkužila z dodatkom fosforjeve kisline (Barnaud in sod., 2012; Behrendt in sod., 2022; Meng in Cao, 2012). Največkrat zbolijo prašiči starosti 2-3 mesecev, ko upade nivo maternalnih protiteles (Meng in sod., 2019). Ianiro in sod. (2022) so ugotovili, da je količina izločenega virusa po 4. mesecu starosti začela upadati, pred tem pa količine v fecesu dosežejo celo 1 x 10^9 kopij genoma v gramu fecesa. Pri starosti okoli 6 mesecev pa se je izločanje HEV RNA celo prenehalo, kar bi lahko pomenilo, da bi se s podaljšanjem pitanja prašičev lahko preprečil prenos virusa na ljudi preko hrane.

Zaradi izločanja velikih količin virusa v fecesu prašičev je potrebna pazljivost pri odstranjevanju živalskih stranskih produktov, saj se lahko tako kontaminira pitna voda, zelenjava, sadje in celo školjke namenjene za prehrano ljudi ali živali (Doceul in sod., 2016). Približno 60 % vseh domačih prašičev in 27 % divjih prašičev po svetu je seropozitivnih (od 9,9 % domačih prašičev na Tajskem do 84,02 % v Indiji), največ v Oceaniji, najmanj pa v Južni Ameriki. HEV RNA je na svetu pozitivnih približno 12,8 % domačih prašičev (od 0 % na Hrvaškem do 76.67 % v Nigeriji), največ v Severni Ameriki in najmanj v Oceaniji (Slika 2). Večinoma po svetu prevladuje genotip 3, genotip 4 pa prevladuje v zahodni regiji Pacifika (Slika 3) (Li in sod., 2022). V Sloveniji se po najnovejši študiji pri domačih prašičih ob zakolu pojavljajo štiri podtipi genotipa 3 (3a, 3b, 3e in 3f) z veliko genetsko raznolikostjo. Z metodo RT-PCR v realnem času (angl.: reverse transcription polymerase chain reaction) je bila HEV RNA dokazana pri 17% 3 mesece starih prašičih, pri prašičih starih 6 mesecev le v 2 vzorcih od 400, pri prašičih starih več kot eno leto pa HEV RNA niso dokazali. Seropozitivnost je bila glede na izbiro imunoencimskega testa različna. S testom proizvajalca IDvet so dokazali prisotnost specifičnih IgG proti HEV pri 43,60% prašičih, s testom proizvajalca Axiom pa pri 27,64% prašičih (Raspor Lainšček, 2022).

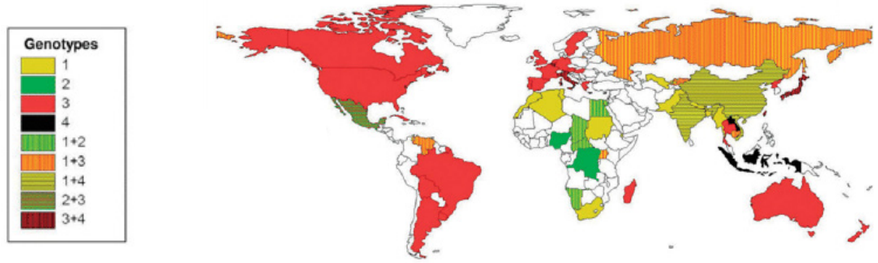


Slika 2. Seroprevalenca in delež HEV RNA pozitivnih domačih prašičev po svetu (Li in sod., 2021)

6 PREPREČEVANJE PRENOSA IN ZDRAVLJENJE

Glavni problem HEV je njegov zoonotični potencial, saj sama bolezen pri prašičih poteka subklinično. Ker se genotipa 3 in 4 lahko potencialno preneseta na ljudi s kontaminirano svinjino in s fecesom kontaminirano vodo, sadjem in zelenjavo, je potrebno mesne izdelke ustrezno toplotno obdelati in paziti na higieno v reji, klavnici, proizvodnji in pravilno odstraniti živalske stranske proizvode. Na Kitajskem je že dostopno komercialno cepivo proti HEV za ljudi (genotip 1), govora je tudi o cepivu za domače prašiče z namenom preprečevanja prenosa (Meng

Slika 3. Prikaz najpogostejših genotipov vrste A HEV po svetu, prikazani so humani in živalski genotipi (Ruggeri in sod., 2013)



in sod., 2019). Leta 2021 so v Južni Koreji ustvarili cepivo VLP (angl.: virus-like particle) z zaporedjem 239 aminokislin ORF2 genotipa 3 (HEV-3), ki je v dvakratni aplikaciji doze 200 µg cepiva prašiče popolnoma zaščitilo pred okužbo s HEV-3 (1 x 10^6 kopij genoma), saj v serumu in fecesu niso našli HEV RNA (Go in sod., 2021).

7 DIAGNOSTIKA

Zaradi subkliničnega poteka se trenutno pri domačih prašičih okužba s HEV načeloma ne diagnosticira, v raziskovalne namene se za dokaz protiteles IgG in IgM uporablja test ELISA, za dokaz virusnega RNA pa se uporablja metoda RT-PCR in metoda qPCR (angl.: quantitative polymerase chain reaction). Za vzorčenje se navadno vzame kri, feces in jetra (Ianiro, 2022; Modiyinji, 2020). S celičnih linij se HEV načeloma ne izolira. Uspešna izolacija hepatitis virusov na klasičnih celičnih linijah je težavna, saj se virus replicira zelo počasi, okužba celic s premajhno dozo virionov pa ne povzroči replikacije virusa. V razvoju so nove linije celic, na katerih bi se dalo HEV uspešno gojiti (Meister in sod., 2019).

8 POMEN V JAVNEM ZDRAVSTVU

8.1 HEV pri ljudeh

Hepatitis E je pri ljudeh v večini držav endemična bolezen in eden izmed pomembnih vzrokov akutnega samoomejujočega virusnega hepatitisa, ki na leto povzroči okoli 20 milijonov infekcij in do 44 000 smrti, kar predstavlja 3,3 % smrti zaradi virusnih hepatitisov. Število potrjenih primerov HEV se pri ljudeh povečuje tudi v razvitem svetu, delno zaradi pogostejšega diagnosticiranja, ki je bilo v preteklosti manj uporabljeno zaradi podcenjevanja razširjenosti te bolezni. Poleg HEV genotipa 1 in 2, ki sta patogena samo za ljudi, so nevarni tudi genotipi 3-7, ki so zoonoze. Genotipa 3 in 4 prenašajo domači in divji prašiči, ljudje pa se lahko z njima okužijo preko pomanjkljivo toplotno obdelanih svinjskih mesnih izdelkov. V Evropi prevladuje genotip 3 (ECDC, 2017; Webb in Dalton, 2020; WHO, 2021).

8.2. Epidemiologija

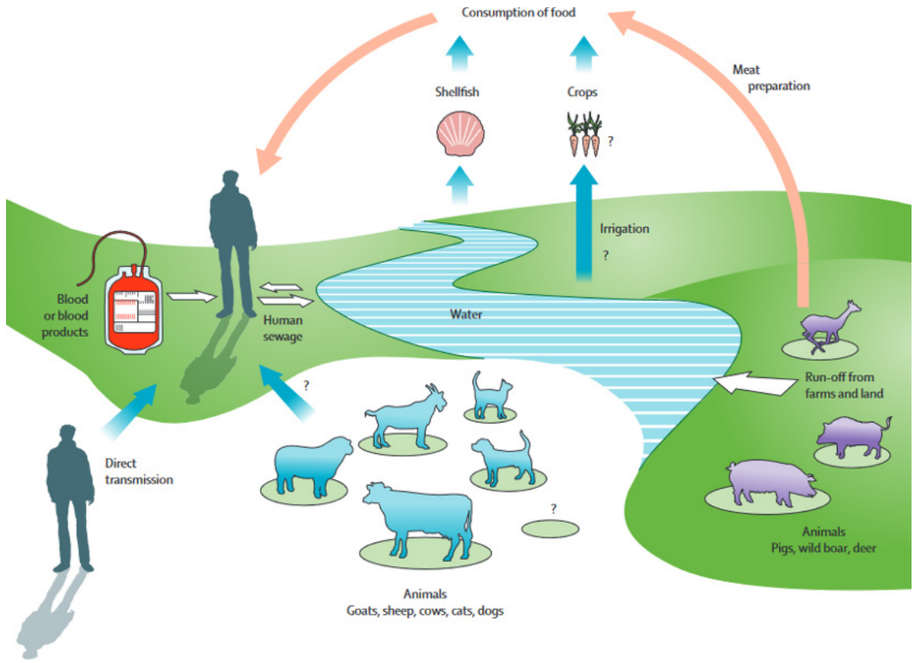
Okužimo se lahko na več načinov (Slika 4), dokazane so bile celo okužbe preko zaužitja školjk, HEV RNA pa je bil dokazan tudi na jagodah, zamrznjenih malinah, začimbah in solati (Doceul in sod., 2016). Ljudje se s HEV okužijo po fekalno-oralni poti, s transfuzijo krvi in celo z transplantiranimi organi (Denner, 2019; Doceul, 2016). Genotipa 1 in 2 sta pogostejša v manj razvitih državah z omejenim dostopom do čiste pitne vode in slabšo higieno, ljudje pa se okužijo preko vode (Azija in Afrika). Genotipa 3 in 4 sta pogostejša v razvitejših državah, kjer je večina okužb povezana z mesnimi izdelki (WHO, 2021). V EU je bilo od 2005 do 2015 zabeleženih 0-47 primerov letno, leta 2020 pa 6 primerov s hrano povezanih okužb s HEV (EFSA, 2017; EFSA in ECDC, 2021). V Sloveniji je bilo od 2001-2019 zabeleženih 17 primerov (Slika 5) (NIJZ, 2001-2019). Najpogostejši izvor okužbe so meso in organi, še posebej jetra, domačih ali divjih prašičev, ki pri termični obdelavi ne dosežejo notranje temperature 71°C (Doceul in sod., 2016).

8.3 Klinična slika

HEV je pri ljudeh v 70 % asimptomatski, drugače pa po inkubacijski dobi 2-10 tednov povzroči blago vročino, slabost, bruhanje, bolečine v trebuhu, srbenje, izpuščaje, bolečine v sklepih, zlatenico, temen urin, svetlo blato, in blago hepatomegalijo. Simptomi niso patognomonični in se jih ne da razlikovati od simptomov drugih bolezni jeter, trajajo pa navadno 1-6 tednov. V redkih primerih lahko HEV povzroči akutno odpoved jeter in smrt. Okužba s HEV naj bi bila povezana tudi z nevrološkimi, renalnimi, hematološkimi in drugimi motnjami. Kronična oblika se pojavlja predvsem pri imunokompromitiranih ljudeh (bolnikih, ki čakajo na transplantacijo organov, HIV bolnikih, bolnikih na kemoterapiji, itd.), povzročata pa jo genotipa 3 in 4. Nosečnice v drugem ali tretjem trimesečju so še posebej ranljiva skupina, saj imajo večjo možnost akutne odpovedi jeter, abortusa in smrti, kar je bilo opaženo pri genotipu 1, ne pa tudi pri genotipih 3 in 4. Nosečnice, ki zbolijo v tretjem trimesečju imajo do 20-25 % možnost smrtnega izida (Webb in Dalton, 2020; WHO, 2021).

8.4. Zdravljenje in preventiva

Za okužbe HEV ni zdravila, zato je zelo pomembno preprečevanje. Hospitalizacije so redke, ob podporni terapiji se mora paziti pri uporabi zdravil, ki obremenjujejo jetra. Posebna pozornost mora biti namenjena imunokompromitiranim ljudem, ljudem s hudim hepatitisom in nosečnicam, saj ima lahko bolezen pri teh skupinah hude posledice. Za ranljive skupine je priporočeno izogibanje hrani z veliko možnostjo kontaminacije s HEV. Pri tretiranju se lahko uporabi tudi ribavirin in pegiliran interferon (interferon alfa konjugiran s polietilen glikolom). Glavni načini preprečevanja okužb s HEV bi



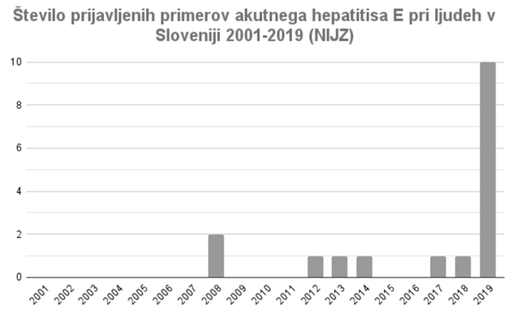
Slika 4. Poti prenosa HEV (Kamar in sod., 2012)

bili: zagotavljanje dobre higiene, sanitacije in čiste nekontaminirane pitne vode v manj razvitih državah in v razvitejših državah večji nadzor nad živili živalskega izvora, še posebej mesom domačih in divjih prašičev, ki so rezervoar HEV za ljudi (Webb in Dalton, 2020; WHO, 2021). Pri dokazovanju HEV v mesnih izdelkih prašičev naj bi se najboljše odrezala metoda RT-PCR, ki je standardizirana metoda z zelo dobro občutljivostjo in specifičnostjo (Cook in sod., 2022). V novi raziskavi so dokazali, da razkužila, ki jih je priporočila WHO leta 2009, ne uničijo virusa popolnoma, zato bodo potrebne nove raziskave pri iskanju učinkovitejših razkužil. Zaenkrat so dokazano učinkovita le alkoholna razkužila z dodatkom fosforne kisline (Behrendt in sod., 2022).

9 ZAKLJUČEK

Hepatitis E je za sedanje čase dokaj slabo raziskana in podcenjena bolezen. Zaradi subkliničnega pojava pri prašičih in okoli 70 % ljudeh se na preprečevanje bolezni ne daje velikega poudarka, kar pomeni, da so rizične skupine (nosečnice in imunokompromitirani bolniki) še toliko bolj na udaru za hujši potek bolezni ali celo smrt (Meng in sod., 2019; Webb in Dalton, 2020). Zaradi neučinkovitih načinov replikacije virusa na celičnih linijah ne vemo veliko o obnašanju virusa v celicah in resničnem poteku patogeneze, kar nam otežuje razumevanje razvoja kliničnih znakov in posledično zdravljenje (Meng in sod., 2019). Razen visoke temperature drugi načini uničenja virusa še niso dokončno dokazani, kar pomeni, da imamo omejene možnosti za preprečevanje prenosa virusa (Behrendt in sod., 2022). Glede na načine prenosa virusa bi bilo potrebno inkorporirati dodatna varnostna merila pri reji domačih prašičev, proizvodnji, prodaji in pripravi mesnih izdelkov ter si prizadevati za boljše higienske razmere v razvijajočih se državah (Doceul in sod., 2016).

Slika 5. Graf števila prijavljenih primerov akutnega hepatitisa E v Sloveniji 2001-2019 (Povzeto po: NIJZ, 2001-2019)



VIRI

1. Barnaud E, Rogée S, Garry P in sod. Thermal inactivation of infectious hepatitis E virus in experimentally contaminated food. Applied Environmental Microbiology 2012; 78(15): 5153-9. DOI 10.1128/AEM.00436-12.

2. Behrendt P, Friesland M, Wißmann JE in sod. Hepatitis E virus is highly resistant to alcohol-based disinfectants. Journal of Hepatology 2022; 76(5): 1062-9. DOI 10.1016/j.jhep.2022.01.006.
3. Bouwknegt M, Rutjes SA, Reusken CBEM in sod. The course of hepatitis E virus infection in pigs after contact-infection and intravenous inoculation. BMC Veterinary Research 2009; 7(5). DOI 10.1186/1746-6148-5-7.
4. Cao D in Meng XJ. Molecular biology and replication of hepatitis E virus. Emerging Microbes & Infections 2012; 1(8): 1-10. DOI 10.1038/emi.2012.7.
5. Cook N, D'Agostino M, Wood A in sod. Real-Time PCR-Based Methods for Detection of Hepatitis E Virus in Pork Products: A Critical Review. Microorganisms 2022; 10(2):428. DOI 10.3390/microorganisms10020428.
6. Denner J, Pischke S, Steinmann E in sod. Why all blood donations should be tested for hepatitis E virus (HEV). BMC Infectious Diseases 2019; 19: 541. DOI 10.1186/s12879-019-4190-1.
7. Denner J. Hepatitis E virus (HEV)-The Future. Viruses 2019; 11(3). DOI 10.3390/v11030251.
8. Doceul V, Bagdassarian E, Demange A in sod. Zoonotic hepatitis E virus: classification, animal reservoirs and transmission routes. Viruses 2016; 8(10). DOI 10.3390/v8100270.
9. ECDC. Hepatitis E in the EU/EEA, 2005–2015. Stockholm: ECDC, 2017: 3.
10. EFSA. Public health risks associated with hepatitis E virus (HEV) as a food-borne pathogen. EFSA Journal 2017; 15(7): e04886. DOI 10.2903/j.efsa.2017.4886
11. EFSA in ECDC. The European Union One Health 2020 Zoonoses Report. EFSA Journal 2021; 19(12): 6971. DOI 10.2903/j.efsa.2021.6971.
12. Emerson SU, Purcell RH. Hepatitis E virus. Reviews in Medical Virology 2003; 13(3): 145-54. DOI 10.1002/rmv.384.
13. Raspor Lainšček P. Razširjenost okužbe z virusom hepatitisa E pri prašičih ob zakolu : doktorska disertacija. http://knjiznica.vf.uni-lj.si/PortalGenerator/Document.aspx?id=322 24. 10. 2022
14. Go HJ, Park BJ, Ahn HS in sod. Pigs Immunized with the Virus-like Particle Vaccine Are Protected against the Hepatitis E-3 Virus. Vaccines (Basel) 2021; 9(11): 1265. DOI 10.3390/vaccines9111265
15. Halbur PG, Kasordornkbua C, Gilbert C in sod. Comparative Pathogenesis of Infection of Pigs with Hepatitis E Viruses Recovered from a Pig and a Human. Journal of Clinical Microbiology 2001; 39(3): 918-23. DOI 10.1128/JCM.39.3.918-923.2001.
16. Ianiro G, Monini M, De Sabato L, Chelli E in sod. Dynamic of Hepatitis E Virus (HEV) Shedding in Pigs. Animals 2022; 12(9). DOI 10.3390/ani12091063.
17. Kamar N, Izopet J, Pavio N in sod. Hepatitis E virus infection. Nature Reviews Disease Primers 2017; 3: 17086. DOI 10.1038/nrdp.2017.86.
18. Li P, Ji Y, Li Y in sod. Estimating the global prevalence of hepatitis E virus in swine and pork products. One Health 2022; 14. DOI 10.1016/j.onehlt.2021.100362.
19. Meister TL, Bruening J, Todt D in sod. Cell culture systems for the study of hepatitis E virus. Antiviral Research 2019; 163:34-49. DOI 10.1016/j.antiviral.2019.01.007.
20. Meng X, Halbur PG in Opriessnig T. Hepatitis E Virus. V: Zimmerman JJ, Karriker LA, Ramirez A in sod. Diseases of Swine, 11th Edition. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2019: 544-7.
21. Meng XJ. Expanding Host Range and Cross-Species Infection of Hepatitis E Virus. PLOS Pathogens 2016; 12(8): e1005695. DOI 10.1371/journal.ppat.1005695.
22. Modiyinji AF, Sanding GMAM, Atsama MA in sod. Serological and molecular investigation of hepatitis E virus in pigs reservoirs from Cameroon reveals elevated seroprevalence and presence of genotype 3. PLOS ONE 2020; 15(2): e0229073. DOI 10.1371/journal.pone.0229073.
23. NIJZ. Zdravstveni statistični letopis Slovenije. https://www.nijz.si/sl/nijz/revije/zdravstveni-statisticni-letopis-slovenije 9. 5. 2022
24. Opriessnig T. Importance of Hepatitis E virus in pigs. https://www.pig333.com/articles/importance-of-hepatitis-e-virus-in-pigs_12530/ 9. 5. 2022
25. Ruggeri FM, Di Bartolo I, Ponterio E in sod. (2013). Zoonotic transmission of hepatitis E virus in industrialized countries. The new microbiologica 2013; 36: 331-44.
26. Sun Y, Yan W, Chen X in sod. Antigenic cross-reactivity among human, swine, rabbit and avian hepatitis E virus capsid proteins. Veterinary Microbiology 2022; 265. DOI 10.1016/j.vetmic.2022.109331.
27. WHO. Hepatitis E. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-e 10. 5. 2022
28. Webb GW, Dalton HR. Hepatitis E: an expanding epidemic with a range of complications. Clinical Microbiology and Infection 2020; 26(7): 828 - 32. DOI 10.1016/j.cmi.2020.03.039.
29. Williams TPE, Kasordornkbua C, Halbur PG in sod. Evidence of Extrahepatic Sites of the Hepatitis E Virus in a Swine Model. Journal of Clinical Microbiology 2001; 39(9): 3040-6. DOI 10.1128/JCM.39.9.3040-3046.2001.

OŽIVLJANJE NOVOROJENEGA TELETA

Seminarska naloga pri predmetu Bolezni in zdravstveno varstvo prežvekovalcev

Avtorica: Jerneja Kuzma, študentka Veterinarske fakultete
Mentor: izr. prof. dr. Jože Starič, dr. vet. med, Klinika za reprodukcijo in velike živali, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

1 UVOD

Perinatalno obdobje je eno od najbolj ključnih obdobij v življenju vseh živali. Vzpostavitev proste dihalne poti, začetek dihanja in vzpostavite ustreznega krvnega obtoka so temelji oživljanja pri vseh vrstah. O samih postopkih oživljanja in njihovi različni uspešnosti pri teletih je zelo malo ali skoraj nič trdnih podatkov. Metodologija, ki se uporablja v praksi pri govedu, tako v veliki meri temelji na načelih in postopkih, ki se uporabljajo pri človeku. Pravilna strategija in izvajanje preprostih, vendar pravilnih postopkov je najboljši ključ do uspeha na ravni posamezne živali.

Pri teletih je srčno-pljučna odpoved najpogosteje posledica sistemske bolezni. Tehnike srčno-pljučnega oživljanja pri teletih še niso bile kritično ovrednotene, zato je večina informacij ekstrapoliranih iz tehnik opisanih za ljudi in žrebeta. O parametrih, kot so hitrost dihanja, dihalni volumen, oksigenacija ali hitrost kompresije srca za teleta ni podatkov. [1]

2 KARDIO-PULMONALNE SPREMEMBE PO ROJSTVU

Ključni dogodek pri prehodu iz razvoja v maternici v samostojno življenje je začetek dihalnih gibov, ki povzročijo prezračenost pluč in posledično oksigenacijo krvi. Med razvojem so alveolarni zračni prostori fetalnih pljuč delno napolnjeni s tekočino, ki jo aktivno izloča pljučno tkivo. Med porodom se del te tekočine izloči skozi grlo, večina pa se absorbira skozi alveolarne stene v prvih fazah dihanja, čeprav se proces absorpcije začne že med zgodnjim porodom. Absorpcijo tekočine spodbudi aktivacija beta-adrenergičnih receptorjev v pljučnem epiteliju in delovanje ščitničnih hormonov. [2]

Proti koncu fetalnega razvoja pnevmociti tipa 2 proizvajajo surfaktant, ki pomaga pri začetnem širjenju pljuč in stabilizaciji alveol. Površinsko aktivna snov zmanjša napor, potreben za premagovanje visoke površinske napetosti, ki je prisotna v neprezračenih alveolah, zato ti po izdihu ostanejo delno napolnjeni in omogočajo ponovno napolnitev z manjšim naporom. Zaradi prezračenosti pljuč postane pljučni krvni obtok funkcionalen in pretok krvi v pljučih se močno poveča. S tem se spremenijo tlačna razmerja v srčno-žilnem sistemu, pri čemer se v nekaj minutah po rojstvu funkcionalno zapreta *foramen ovale* in *ductus arteriosus,* nekaj ur pozneje pa *ductus venosus*. S temi ključnimi dogodki se sistem krvnega obtoka spremeni iz plodovega sistema, ki je zagotavljal kisik iz placente prek popkovnih žil, do odraslega, ki se zanaša na pljučno oksigenacijo krvi. [2]

Pretrganje povezave z materjo povzroči hiter razvoj asfiksije in povečanje koncentracije ogljikovega dioksida v krvi. Povečanje parcialnega tlaka CO2 (PCO2) je glavna vzpodbuda za začetek dihanja in posledično aeracijo pljuč, od katere so tako zelo odvisni vsi drugi dogodki. Upoštevati je potrebno, da povečanje PCO2 povzroči tudi blago respiratorno acidozo, kar je normalen pojav. V primeru distocije pa pride do hitrega razvoja hipoksije, ki je lahko tako huda, da tkiva preidejo v anaerobni metabolizem, pri katerem nastaja ogromno mlečne kisline. Posledična huda respiratorna in metabolična acidoza ogrožata preživetje teleta (pH se lahko zniža tudi pod 7). [2]

3 PRINCIPI OŽIVLJANJA

Distocija je zelo velik dejavnik tveganja in je odgovorna za skoraj 65 % izgub telet znotraj 96h po porodu. Petehialne krvavitve na skleri novorojenega teleta, pri katerem je prišlo do pomoči pri porodu zaradi distocije, so tipične za hudo hipoksijo in porušeno acido-bazno ravnotežje. Stopnja hipoksije in acidoze sta sorazmerni z izrazitostjo

kliničnih znamenj pri prizadetem teletu. Glavni znaki pri novorojenem teletu, ki kažejo na acidozo in hipoksijo, so nevrološke narave. Pri zdravem teletu se dihanje običajno začne v 30 sekundah po porodu, dihanje je sprva neredno, nato pa se kmalu umiri na 45 do 60 vdihov na minuto. Začetek dihanja pri teletih, ki se rodijo s carskim rezom, je zakasnjen v primerjavi s tistimi, ki se rodijo *per vaginam*. [2]

3.1 Dihala

Da zagotovimo prosto dihalno pot, morajo teleta imeti zgornji del respiratornega trakta (nos in usta) očiščena kakršne koli tekočine ali fizične prepreke (najbolje že, ko je tele še v porodnem kanalu). Zgornje dihalne poti lahko očistimo z roko ali s sukcijo. Teleta nikakor ne smemo zibati za zadnje okončine ali ga celo obešati preko ograje (ipd.). V praksi to ne pripomore pomembno k rešitvi stanja, predstavlja pa dodatno tveganje za tele ter osebe, ki to izvajajo. Takšno tele kvečjemu težje diha, zaradi teže prebavil, ki pritiskajo na pljuča preko prepone. Teleta morajo pričeti z aktivnim premikanjem prsnega koša ter dihanjem znotraj 30 sekund po porodu. Primarna apneja je definirana kot pomanjkanje spontanega dihanja 1–5 minut po porodu. Zelo pomembno je, da tele čim prej začne dihati, zato stimuliramo dihanje novorojenega teleta tudi v primeru, ko je prisotna hipoventilacija. Takoj po porodu moramo tele namestiti v sternalni položaj, ki omogoči maksimalno ventilacijo pljuč. [1]

V praksi zagovarjajo veliko mehaničnih metod za vzpostavitev dihalnih poti in stimulacijo dihanja, kot so drgnjenje teleta s krpami, s čimer stimulirajo *n. phrenicus*, stimulacija nosnic teleta s prstom, koščkom slame ali čem drugim, da se vzpodbudi vdih, ki dovede kisik v pljuča. Opisana je tudi stimulacija z uporabo akupunkturnih točk na smrčku teleta. Polivanje manjše količine hladne vode na ušesa ali preko glave teleta je priporočeno predvsem za hipotermično dihalno stimulacijo. Večino od teh metod se prakticira zelo pogosto, kljub temu pa ni raziskav, ki bi primerjale njihovo učinkovitost. [2]

3.2 Cirkulacija

Na splošno se pri živalih, ki se rodijo brez srčnega utripa, ne izvaja oživljanja s pomočjo masaže srca. Uspešno oživljanje pri teletih brez srčnega utripa je malo verjetno. Pri žrebičkih je verjetnost oživitve 50 %, če se oživljanje srca začne, preden se razvije neperfuzijski ritem srca. Če se oživljanje začne po asistoliji, se pričakuje maj kot 10 % preživetje. [1]

4 TEORIJA V PRAKSI

Komplet za oživljanje mora vsebovati stetoskop, rektalni termometer, napravo za stisnjen zrak (npr. vrečka po Ambu), igle, sesalno črpalko in opremo za dovajanje kisika. Za uspešno oživljanje mora biti dober nadzor telitve, hitra ocena vitalnosti teleta ter zgodnja agresivna intervencija. [3]

»ABC oživljanja« (prehodnost dihalne poti, spodbujanje dihanja, cirkulacija) navaja zaporedje prednostnih nalog za osebje pri obravnavi teleta. Oživljanje se lahko začne že, ko je tele še v porodnem kanalu in se nadaljuje, dokler se življenjski znaki ne normalizirajo (npr. drža, aktivnost, dihanje, rektalna temperatura) ali dokler s stetoskopom ni mogoče zaznati srčnega utripa. [3]

Izjemno pomembno je, da se pred asistiranjem dihanja vzpostavi funkcionalna dihalna pot. Tekočino, ki je prisotna v dihalnih poteh, moramo predhodno odstraniti s sesalno črpalko, ki jo namestimo v žrelo. Požiralnik moramo prav tako zapreti, in sicer tako, da ga stisnemo in tako omogočimo dovajanje zraka ali kisika prek nosne cevke ali obrazne maske v dihalni sistem, obenem pa preprečimo, da zrak ne uhaja v vamp in napne teleta. Namestitev endotrahealnega tubusa z manšeto slednje prepreči in se smatra za optimalno rešitev. Običajno se uporablja tubus velikosti 7,0 do 9,5 mm, ki je primeren za novorojeno tele (majhna teleta potrebujejo manjšega). Intubacijo najlažje dosežemo z laringoskopom z dolgim rezilom (200 do 250 mm). Tele je treba položiti v prsni položaj z glavo dvignjeno navzgor in iztegnjeno naprej. Jezik se izvleče (za lažjo izvedbo se ga povije) in rezilo laringoskopa namesti na dno jezika. To omogoča vizualizacijo grla in olajša uvajanje tubusa. Druga možnost je, da se intubira na slepo, pri čemer je tele v bočnem položaju, glava pa je iztegnjena navzgor in naprej. Traheotubus vstavljamo z eno roko, medtem ko druga roka imobilizira grlo. [2]

Če tele po namestitvi endotrhealnega tubusa ne diha, je treba izvesti ventilacijo s pozitivnim tlakom (PPV – *positive pressure ventilation*). Za ta postopek tele leži v sternalnem položaju, kar omogoči, da sta obe pljučni krili optimalno ventilirani. Če se to ne zagotovi, pomeni da je določen del pljuč še vedno kolabiran ali pa napolnjen s tekočino. Najpreprostejši način za izvajanje PPV je, da pihamo v endotrahealni tubus in nežno napihujemo pljuča. Tele tako preusmerimo v normalne dihalne vzorce. Drug način vključuje uporabo humane vrečke za oživljanje, reanimacijski aparat za teleta ali komplete za oskrbo s kisikom z dihalno vrečko. Humane reanimacijske naprave imajo v naprej nastavljene ventile za sprostitev tlaka, da se prepreči nevarnost poškodbe alveol. Plin lahko dovajamo preko obrazne maske le, če je požiralnik tesno zaprt. Nosna cevka se lahko uporablja, če so usta prav tako zaprta. [2]

Visok tlak je potreben le prvih nekaj vdihov. Pri vseh postopkih ventilacije s pozitivnim tlakom ne smemo pozabiti, da lahko prekomerna ventilacija ali dolgotrajna ventilacija z visokim tlakom poškoduje alveolarni epitelij. Priporočena hitrost pretoka kisika je od 150 do 200 L/min pri tlaku v cevi 3,44 bar. Tako se skozi endotrahealni tubus doseže največji tlak, 39 mm Hg. [1]

Pri teletu, ki ne diha, se lahko izvaja oživljanje usta na usta, vendar je s to metodo težko vzpostaviti normalen vzorec dihanja, saj je težko vzpostaviti dovolj tesno tesnjenje, da bi preprečili uhajanje zra-

Fotografija: Valentina Šket

RUCTUS

ka. Te metode so manj primerne tudi zaradi možnosti okužbe z zoonotskimi mikrobi. [1]

Kadar se poslužujemo sukcije, se ta izvaja čim krajše in nežno. Preveč intenzivna sukcija poslabša stanje hipoksije, kar vodi v sekundarno bradikardijo ali celo v srčni zastoj preko vagusnega refleksa. [4]

4.1 Medikamentozna terapija

Pri oživljanju teleta sta najpomembnejša postopka vzpostavitev proste dihalne poti in začetek primerne stopnje stiskanja. Dajanje zdravil je treba obravnavati kot sekundarni ukrep poleg stiskov srca in dihanja. Pomembno se je zavedati, da je za vzdrževanje krvnega taka in perfuzije bistvenega pomena, da se prekinitve med stiski ne delajo. Vsa oprema in zdravila morajo biti na enem mestu in pripravljeni za uporabo. Potrebno se je zavedati, da ponovna vzpostavitev perfuzijskega srčnega ritma in spontanega dihanja ne rešuje nujno kompleksnega problema. Živali imajo pogosto elektrolitsko in acido-bazno neravnotežje, ki jih je tudi treba korigirati. [1]

Farmakološka pripravka doksapram (doxapram) in etamifilin (etamiphylline) se pogosto uporabljata. Doksapram hidroklorid spodbuja periferne kemoreceptorje in medularni dihalni center v možganih. Zdravilo se uspešno uporablja za spodbujanje dihanja. Številne študije so pokazale izboljšanje parametrov dihanja in preživetja pri teletih in jagnjetih z i.v. ali sub lingvalnim dajanjem doksaprama. Hudo prizadeta teleta se na medikamentozno terapijo niso odzvala. Takšna teleta so najverjetneje bila v sekundarni apneji, ki je opredeljena kot odsotnost spontanih vdihov 5 minut ali več po porodu. Etamifilin deluje bronhodilatatorno, poveča kontraktibilnost diafragme, širi pljučne arteriole, zmanjšuje pljučno hipertenzijo, zmanjšuje PCO2, povečuje pretok krvi v pljučih in povečuje muko-ciliarno aktivnost. [1]

Doksapram se daje s.c., i.m., i.v. ali sublingvalno v odmrku od 1 do 3 mg/kg TT. Etamifilin se lahko daje p.o. ob rojstvu v odmerku 700 mg ali s s.c. ali i.m. aplikacijo v odmerku 20 mg/kg TT. Doksapram korigira tudi acido-bazno neravnotežje pri novorojenih teletih. [2]

Pri teletih, ki imajo hudo bradikardijo, se lahko daje adrenalin (0,2 ml/kg raztopine 1:10.000 i.m. ali 0,1 ml/kg raztopine 1:10.000 i.v. ali intrakardialno). To povzroči hitro tahikardijo, vendar je tele verjetno še vedno treba intubirati in pomagati pri ventilaciji. [1]

Uspešnost oživljanja je v veliki meri odvisna od stanja teleta ob rojstvu. Številna teleta, ki so bila indicirana za oživljanje, so med porodom utrpela hude poškodbe, ki so povzročile podkožne krvavitve (podplutbe), zlome reber, krvavitve v centralnem živčnem sistemu in podobno – ta teleta bodo najverjetneje poginila ne glede na zdravljenje. Za teleta rojena brez srčnega utripa je oživljanje največkrat neuspešno. Teleta, ki se rodijo s srčnim utripom, vendar ne dihajo, so primerna za oživljanje. Pri vsaki distociji, pri kateri novorojeno tele kaže znake stiske, je treba razmisliti o korekciji acido-baznega ravnotežja. Zaradi škodljivega vpliva acidoze na kasnejšo absorpcijo imunoglobulinov se priporoča korekcija acido-baznega ravnotežja. To je zelo uspešen postopek, ki zagotavlja dobro počutje teleta v prihodnosti. Oživljanje je potrebno obravnavati kot nujni postopek, ki se mu je velikokrat najlažje izogniti. V primeru veterinarskega porodničarja izogib oživljanja vključuje pravilno presojo in pripravljenost, da se pravočasno odloči za carski rez. Prav tako je nujno potrebno izobraževanje strank/rejcev, da ne skušajo sami nestrokovno pomagati pri težkem porodu.[2]

5 ZAKLJUČEK

Tele je treba takoj po porodu namestiti v sternalni položaj in ga s pomočjo krpe ali slame močno stimulirati z drgnjenjem po glavi ali telesu. Z dajanjem prsta ali koščka slame v nosnice ali žrelo teleta prav tako stimuliramo, da zadiha. Telet brez srčnega utripa ne oživljamo, saj je prognoza zelo slaba. Komplet za oživljanje mora biti vedno na dosegu roke. Namestitev endotrahealnega tubusa nam omogoča lažjo ventilacijo pljuč. Od farmakoloških sredstev se najpogosteje poslužujemo doksaprama in etamifilina za podporo dihalnemu sistemu in adrenalina kot podporo kardio-vaskularnemu sistemu.

VIRI IN LITERATURA

1. Nagy, D. W. (2009). Resuscitation and Critical Care of Neonatal Calves. The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice, 25(1), 1–11. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2008.10.008 (3. 12. 2021)
2. Grove-White, D. (2000). Resuscitation of the newborn calf. In Practice (London 1979), 22(1), 17–23. https://doi.org/10.1136/inpract.22.1.17 (3. 12. 2021)
3. Mee, J. F. (2008). Newborn Dairy Calf Management. The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice, 24(1), 1–17. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.002 (3. 12. 2021)
4. Merck Veterinary Manual, 11th Edition. (2016(13)), 1725 str. (28. 12. 2021)

PREVENTIVA IN ZDRAVLJENJE KETOZE PRI GOVEDU

Seminarska naloga pri predmetu Bolezni in zdravstveno varstvo prežvekovalcev

Avtorica: Teja Dimec, študentka Veterinarske fakultete
Mentorica: izr. prof. dr. Jože Starič, dr. vet. med, Klinika za reprodukcijo in velike živali, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

UVOD

Ketoza je poleg hipokalcemije najpomembnejša presnovna bolezen mlečnega goveda. Motnja je običajno povezana z visoko prirejo mleka in negativno energijsko bilanco, ki vodi do povišanja koncentracije ketonskih teles (acetoacetat, β-hidroksibutirat in aceton) v vseh telesnih tekočinah. Najpogosteje se pojavlja pri kravah molznicah v zgodnji in najbolj produktivni fazi laktacije in povzroča veliko ekonomsko škodo v sektorju prireje mleka (niža prirejo mleka, povečuje tveganje za druge bolezni, pogosto zahteva zdravljenje in pomembno zmanjšuje plodnost krav). [1]

Ključni klinični znaki ketoze so nespecifični, vključujejo anoreksijo, zmanjšano proizvodnjo mleka, opazno izgubo telesne mase, čvrsto in suho blato ter občasno nevrološke znake (živčna ketoza). Klinična oblika bolezni predstavlja vrh ledene gore, še veliko več je subklinične ketoze. [2]

Ketozo lahko potrdimo z rutinskim testiranjem z ustreznimi testi krvi, mleka ali urina, ki merijo vsebnost različnih ketenoskih teles.

Preprečevanje ketoze temelji na učinkoviti prehrani, rednem pregledovanju krvi, mleka in/ali urina na vsebnost ketonskih teles in oceni telesne kondicije goveda. To so najboljše metode za zgodnje odkrivanje ketoze pri živalih. [1]

ZDRAVLJENJE KETOZE

Cilj zdravljenja ketoze je zmanjšati lipomobilizacijo, povečati glukoneogenezo in povečati porabo ketonskih teles. To lahko dosežemo z dajanjem glukoze, inzulina (predvsem za tip II), propionata, propilenglikola in ustreznim vodenjem črede. [3]

Peroralno dajanje propilenglikola (250–400 g, p/o, vsakih 24 ur, 3–5 dni) je standardno in najbolj učinkovito zdravljenje, saj se že v vampu presnavlja v propionat, ki se pretvarjajo v glukozo, absorbiran pa se pretvarja v laktat, ki je tudi prekurzor za glukozo. V prevelikih količinah deluje tudi toksično in povzroči depresijo centralnega živčnega sistema. [3]

V raziskavi, kjer so krave preventivno dobivale 300 mL propilenglikola dnevno, se je prireja mleka povišala za 0,23 kg na molžo v prvih 30 dneh laktacije. Prav tako je bila pri kravah, ki so dobivale propilenglikol verjetnost, da pozdravijo subklinično ketozo, 1,5-krat višja kot v skupini brez propilenglikola in imele so pol manjšo verjetnost, da bodo razvile klinično ketozo. Ti rezultati kažejo pozitivne učinke peroralne uporabe propilenglikola pri zdravljenju krav s subklinično ketozo in preprečevanju klinične ketoze. Poleg tega propilenglikol izboljšuje prirejo mleka med zgodnjo laktacijo pri kravah, ki jim je bila diagnosticirana subklinična ketoza. Propilenglikol najverjetneje tudi znižuje lipomobilizacijo in s tem mehanizmom ščiti pred pojavom ketoze in sindroma zamaščenih jeter. [4]

Pri živčni obliki ketoze se predlaga dodatna terapija z glukozo (500 ml 40–50 % raztopine glukoze, intravensko, v bolusu). Raztopino je treba dajati intravenozno, saj je zelo hiperosmotska in povzroči hudo otekanje in draženje tkiva. Tako zdravljenje običajno povzroči hitro vsaj začasno okrevanje, zlasti v primerih, ki se pojavijo v bližini vrha laktacije (ketoza tipa I). V primerih živčne ketoze je dajanje glukoze priporočljivo. [2]

Intravenska aplikacija 500 ml 50 % raztopine glukoze vodi v prehodno hiperglikemijo, povečano koncetracijo inzulina, zmanjšano izločanje glukagona in zmanjša koncentracijo maščobnih kislin v plazmi. To vpliva na izboljšanje stanja pri večini krav, vendar se ketoza lahko ponovi, v kolikor se terapija ne ponavlja ali dopolni še z drugimi zdravili. [5]

Uporaba glukokortikoidov je dala v različnih študijah nasprotujoče si zaključke. Nekatere študije jih ne priporočajo, saj je malo dokazov o koristnosti in nekaj o njihovi škodljivosti. [2] Druge pa poročajo o učinkovitosti glukokortikoidov pri zdravljenju ketoze pri govedu, ki je bila dokazana tako v eksperimentalnih kot tudi v kliničnih študijah. Hiperglikemija se pojavi v 24h po dajanju glukokortikoidov. [5, 6]

Obstaja tudi priporočilo za uporabo vitamina B12 (1,25 mg, i/m, vsakih 24 ur 3 dni), holina in niacina kot dopolnilno zdravljenje ob peroralnem dajanju propilenglikola. [5]

Ketoza, ki se pojavi znotraj dveh tednov po telitvi (ketoza tipa II), se pogosto težje zdravi kot ketoze, ki se pojavijo bližje vrha laktacije (ketoza tipa I). Trdovratno ketozo odpravi ponavljajoče se petdnevno peroralno dajanje propilenglikola, pogosto v kombinaciji z vitaminom B12, vendar ta terapija ne deluje vedno. V nekaterih raziskavah predlagajo, da bi bil v teh primerih koristen tudi dolgo delujoči inzulinski pripravek (150–200 U, i/m, vsakih 24 ur 5 dni), vendar je dokazov, ki bi to potrjevali, malo. Inzulin olajša celični privzem glukoze, zavira lipomobilizacijo in spodbuja glikogenezo. Za preprečevanje hipoglikemije ga je treba dajati v kombinaciji z glukozo ali glukokortikoidom. Inzulin ni registriran za uporabo pri govedu. [5]

Drugi terapiji, ki sta lahko koristni, sta neprekinjena infuzija glukoze do vzpostavitve normoglikemije in hranjenje po sondi. Poleg tega so omejene raziskave pokazale, da zmanjšanje pogostosti molže z dvakrat dnevno na enkrat dnevno zmanjša koncentracijo ketonskih teles in izboljša možnosti za ozdravitev, čeprav na račun manjše proizvodnje mleka. [2]

PREVENTIVA KETOZE

Preprečevanje ketoze je mogoče z ustrezno prehrano krav, upravljanjem s čredo, obvladovanjem telesne kondicije krav in uporabo krmnih dodatkov (propilenglikol, glicerol, propionat) ter monenzina. Pri pripravi popolnega obroka (popolne krmne mešanice oz. enolončnice) za govedo je treba upoštevati dejavnike, kot so vnos suhe snovi, energijska gostota, prebavljivost vlaknin, porazdelitev velikosti delcev, vključevanje maščob v prehrano v zgodnji laktaciji, vsebnost beljakovin, sistem hranjenja in kapaciteto vampa. Tveganje za ketozo je večje pri kravah z daljšo dobo med telitvama. Zelo pomembno vlogo pri nastanku ketoze ima predobra telesna kondicija krav oz. debelost. [3]

Telesno kondicijo krav je treba uravnavati v pozni laktaciji, ko krave pogosto postanejo predebele. Spreminjanje prehrane krav v pozni laktaciji, da se poveča količina energije iz prebavljivih vlaknin in zmanjša količina energije iz škroba, lahko ob prireji mleka pripomore k zmanjšanju telesne kondicije krave. V času presušitve ni primerno hujšati krav. Zmanjšanje telesne kondicije v poznem presušitvenem obdobju je celo škodljivo, saj povzroči prekomerno lipomobilizacijo pred porodom. [2]

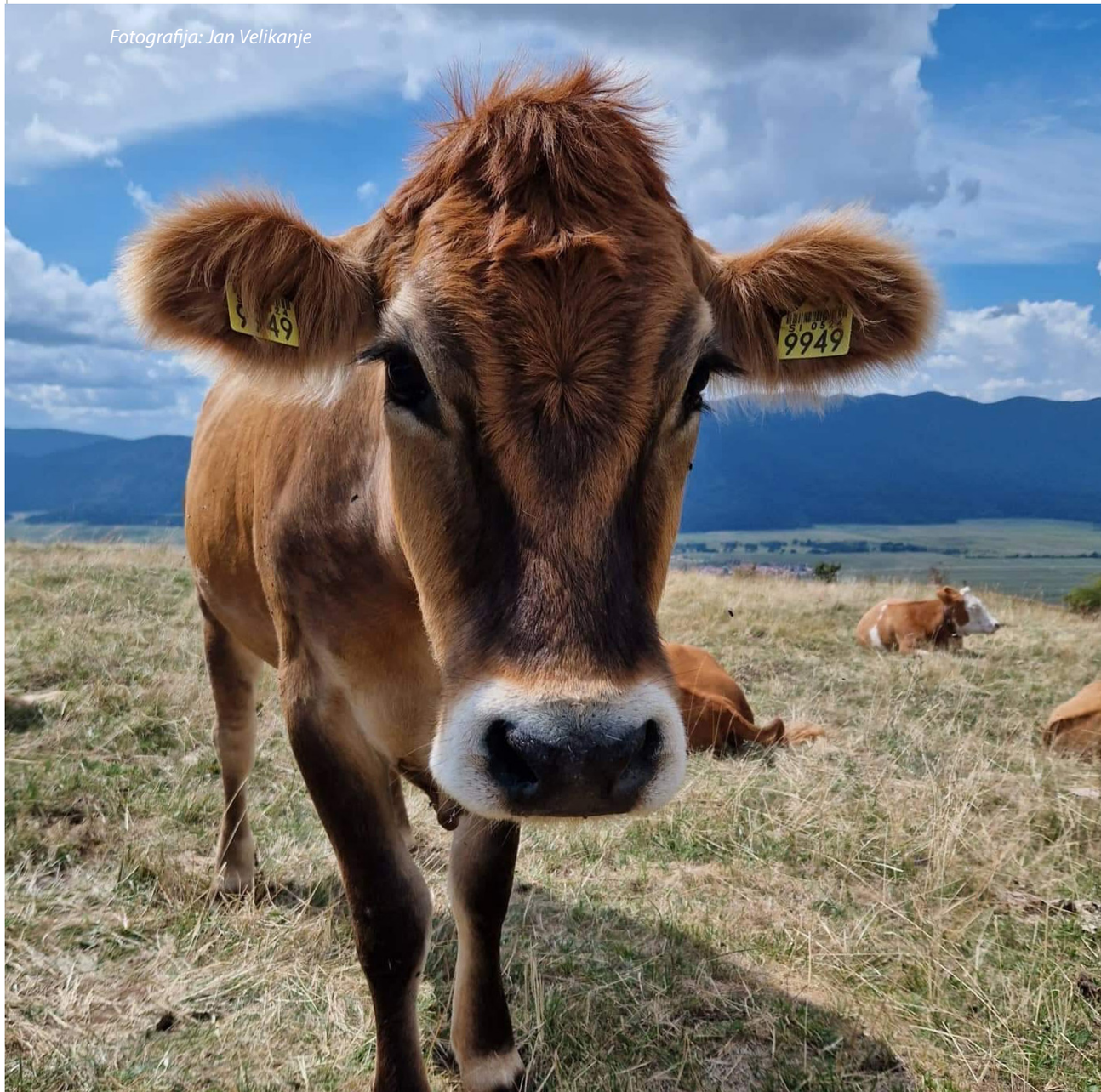
Ključno področje pri preprečevanju ketoze je ohranjanje in spodbujanje apetita krav. Pri tem je treba paziti na krmni obrok, pa tudi na vodenje krmljenja. V zadnjih treh tednih brejosti krave zmanjšajo vnos krme. Stresni dejavniki, kot so prazna krmišča, mešanje krav iz različnih skupin, ki ruši socialno hirarhijo, prenatrpanost hleva in izolacija lahko še dodatno zmanjšajo vnos krme.

Po telitvi mora prehrana spodbujati hitro in trajno povečanje konzumacije krme in energije. Obroki za zgodnjo laktacijo morajo vsebovati razmeroma veliko lahko prebavljivih ogljikovih hidratov, vendar dovolj vlaknin za ohranjanje zdravja predželodcev. Koncentracija vlaknin mora biti običajno med 28 % in 30 %, koncentracija ogljikovih hidratov brez vlaknin pa med 38 % in 41 %. Velikost delcev krme vpliva na optimalno razmerje frakcij ogljikovih hidratov. Nekateri krmni dodatki, vključno z niacinom, holinom in izdelki iz kvasa, lahko pripomorejo pri obvladovanju ketoze. Da bi bili ti dodatki učinkoviti, jih je treba hraniti v zadnjih 2–3 tednih brejosti in v obdobju največjega tveganja za ketozo. [2]

Energijsko gostoto obroka pri kravah v kritičnem obdobju lahko povečujejo z vsakodnevnim dodajanjem propilenglikola ali natrijevega propionata v obrok. Krave, ki dobivajo omenjana dodatka, imajo poleg višje ravni glukoze in nižje koncentracije ketonskih teles v krvi tudi višjo prirejo mleka. [7]

Zdravljenje na osnovi monenzina pri presušenih kravah in telicah znatno zmanjša (50 %) razširjenost subklinične ketoze. Prav tako je bilo trajanje klinične ketoze pri kravah, ki so bile zdravljene z monenzinom, krajše od kontrolnih krav. [8] V nekaterih državah je natrijev monenzin odobren za uporabo pri preprečevanju subklinične ketoze in z njo povezanih bolezni. Priporoča se odmerek približno 300 mg na žival na dan v celotnem prehodnem obdobju. [2] Monenzin je pri nas registriran kot intraruminalni bolus s počasnim sproščanjem.

V raziskavi, ki je bila izvedena med letoma 2017 in 2019 na mlečni farmi, so ugotavljali uspešnost preventivne uporabe bolusov z nadzorovanim sproščanjem monezina. Krave v testni skupini so prejele boluse z nadzorovanim sproščanjem monezina tri tedne pred telitvijo, kontrolna skupina krav bolusov ni dobila. Prvi pregled po porodu je pokazal, da ima 6 % krav v kontrolni skupini subklinično ketozo in nobena v testni skupini. Pri drugem pregledu je imelo subklinično ketozo 20 % krav v kontrolni skupini in 8 % v testni skupini. Ugotovili so, da uporaba ruminalnega bolusa z nadzorovanim sproščanjem monenzina zmanjša število obolelih krav s subklinično ketozo v čredi in prispeva k boljši reprodukciji in metabolizmu.



Fotografija: Jan Velikanje

Čeprav so bolusi z nadzorovanim sproščanjem monenzina uspešni pri preprečevanju subklinične ketoze, je ne morejo v celoti preprečiti in jih je treba uporabljati kot dodatek k dobremu upravljanju reje in kakovostni krmi pri najboljših molznicah. [9]

Nekateri prehranski dodatki lahko pripomorejo k obvladovanju ketoze pri kravah molznicah, ključnega pomena pa je uravnotežen, kakovosten krmni obrok in tudi upravljanje reje. Pri slednjem moramo biti pozorni na:

1. Prenaseljenost krav, ki lahko zmanjša vnos krme zaradi povečanega stresa in s fizičnim omejevanjem količine prostora za krmo, ki je na voljo vsaki kravi. Navsezadnje prenaseljenost tudi negativno vpliva na kakovost počitka/ležanja.

2. Združevanje krav in telic. Telice bodo bolj pod stresom, ko bodo skupaj s starejšimi kravami. To lahko zmanjša vnos suhe snovi in dodatno prispeva k negativni energijski bilanci krav.

3. Zmanjšanje števila premikov po skupinah. Mlečne krave vzdržujejo socialno hierarhijo in premikanje krav v nove skupine, z neznanimi kravami, lahko povzroča dodaten stres. Priporočljivo je premikati krave kot skupino, tako da so s kravami, ki jih poznajo.

4. Skrb, da so krave v ustrezni telesni kondiciji, ko se presušujejo in začenjajo laktacijo. [10]

ZAKLJUČEK

Ketoza je pogosta in ekonomsko neugodna bolezen pri kravah molznicah z visoko prirejo mleka, tako klinične kot subklinične oblike pa povečajo tveganje za druge bolezni, nižajo proizvodnjo in pomembno zmanjšujejo plodnost krav. Diagnosticiramo jo lahko s testi za merjenje ketonskih teles (aceton, acetoacetat, β-hidroksibutirat) v krvi, mleku ali urinu; najbolj natančna metoda je merjenje koncentracije β-hidroksibutirata v krvi.

Cilj zdravljenja ketoze je zmanjšati lipomobilizacijo, povečati glukoneogenezo in povečati porabo ketonskih teles. Ketozo zdravimo in preprečujemo z ustrezno prehrano krav, pravilnim upravljanjem s čredo, predvsem z obvladovanjem telesne kondicije krav in zmanjševanjem stresa pri visoko produktivnih kravah, uporabo krmnih dodatkov (propilenglikol, propionat, niacin…) in monenzina. [2, 3]

LITERATURA

1. Madreseh-Ghahfarokhi S., Dehghani-Samani Dehghani-Samani A. Ketosis (acetonaemia) in dairy cattle farms: practical guide based on importance, diagnosis, prevention and treatments, Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research. MedCrave, 2018 https://medcraveonline.com/JDVAR/ketosis-acetonaemia-in-dairy-cattle-farms-practical-guide-based-on-importance-diagnosis-prevention-and-treatments.html (7.11. 2022)
2. Duffield T. Ketosis in Cattle (Acetonemia, Ketonemia). MSD Manual, 2021 https://www.msdvetmanual.com/metabolic-disorders/ketosis-in-cattle/overview-of-ketosis-in-cattle (7.11.2022)
3. Dimec T. Zapiski s predavanj dr. Jože Starič pri študijskem predmetu "Bolezni in zdravstveno varstvo prežvekovalcev" v šolskem letu 2021/22.
4. McArt JA, Nydam DV, Ospina PA, et al. A field trial on the effect of propylene glycol on milk yield and resolution of ketosis in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. J Dairy Sci. 2011;94(12):6011–6020.
5. Radostits OM, Gay CC, Hinchcliff KW, et al. Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. Elsevier Health Sciences, Philadelphia. 2006.
6. Mills SE, Beitz DC, Young JW. Evidence for impaired metabolism in liver during induced lactation ketosis of dairy cows. J Dairy Sci. 1986;69(2):362–370.
7. Schultz LH. Use of sodium propionate in the prevention of ketosis in dairy cattle. J Dairy Sci. 1958;41(1):160–168.
8. Duffield TF, Sandals D, Leslie KE, et al. Efficacy of monensin for the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cows. J Dairy Sci. 1998;81(11):2866–2873.
9. Marzel R.,Klančnik R., Jug K., Virk T., Klinc P., Starič J. The effect of monensin controlled release boluses on subclinical ketosis, consequent health and production in dairy cows. WBC 2022, Madrid; 317.
10. Kleinschmit D. Controlling ketosis in dairy cows. Zinpro 2022. https://www.zinpro.com/controlling-ketosis-in-dairy-cows/ (7.11.2022)

Lea Težak

Eva Vodopija

Nika Zobec

Valentina Šket

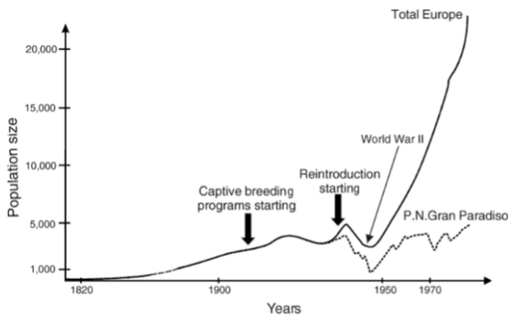
OHRANJANJE GENETSKE RAZNOLIKOSTI ALPSKIH KOZOROGOV

Avtorica: Manca Novak, študentka Veterinarske fakultete
Mentor: prof. dr. Gorazd Vengušt, dr. vet. med., Inštitut za patologijo, divjad, ribe in čebele, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

Alpski kozorog (*Capra ibex*) ima eno najnižjih indeksov genetske raznolikosti med seslaci. V populacijah z nizko frekvenco določenih alelov se le ti zaradi naključij pri parjenju lahko popolnoma izgubijo. Posledica tega je slabša reproduktivna sposobnost in nižja kondicija živali. Z uporabo starejših, manj sorodnih živali v reprodukciji zmanjšamo genetski »turnover« in s tem znižamo genetski zdrs in sokrvnost. Zaradi naštetih razlogov lahko določeni geni v majhnih populacijiah popolnoma izginejo. Namen članka je predstaviti idejo zamrzovanja semena starejših generacij ogroženih živali, za shranjevanje alelov preden se izgubijo. V prihodnosti bi jih lahko uporabili za osvežitev genetskega materiala kozorogov.

Alpski kozorog *(Capra ibex*) je vrsta divje koze, ki je zaradi prekomernega odvzema iz narave, skoraj izginila. Leta 1906 so iz 88 osebkov iz Gran Paradisa, Italije, v Švicarskem živalskem vrtu ustvarili novo populacijo in jo naselili v Alpe. V enem stoletju si je vrsta s ponovnim izpustom iz manj kot 100 opomogla na 50.000 osebkov (Grossen et al. 2017). Reintroducirane populacije vse izhajajo iz kozorogov iz Gran Paradisa. Maudet et al. 2002 na osnovi mikrosatelitov ocenjujejo, da je pričakovana genetska raznolikost alpskega kozoroga He ≈ 0.13, ena najnižnjih med sesalskimi vrstami.

Graf 1: Ocena gibanja velikosti populacije alpskih kozorogov kaže na majhno izvorno populacijo iz katere izhajajo današnji kozorogi (Maudet et al. 2002).



Stopnja sokrvnosti (F) je verjetnost da sta dva alela na lokusu identična in predstavlja pričakovano homozigotnost za celoten genom. Sokrvnost je povezana s fitnesom osebkov, kot je masa mladiča ob poleganju, preživetje mladičev, uspešnost parjenja, dovzetnost za različne povzročitelje bolezni (Roldan et al. 2006). Sokrvnost izjemno zmanjša »per capita« rast populacij, predvsem tistih, ki živijo v težjih življenskih okoljih. Populacije z visoko stopnjo sokrvnosti (F ≈ 0.2) imajo stopnje rasti populacije zmanjšane za 71 % (Bozzuto et al. 2019).

Tabela 1: Genetska raznolikost Alpskega in Iberskega kozoroga (Grossen et al. 2017). Pričakovana genetska raznolikost (He) in stopnja sokrvnosti (F)

Species	Population/breed	*N*	Observed heterozygosity	Inbreeding coefficient (F_{IS})
Alpine ibex	Gran Paradiso (autoch)	12	0.031	0.020
	Albris (primary)	15	0.023	0.020
	Brienzer Rothorn (primary)	14	0.024	0.015
	Pleureur (primary)	15	0.024	0.025
	Aletsch Bietschhorn (secondary mixed)	13	0.026	−0.005
	Schwarz Mönch (secondary mixed)	15	0.022	0.086
	Rheinwaldhorn (secondary)	12	0.019	0.153
	Graue Hörner (secondary)	10	0.021	0.116
	Cape au Moine (secondary)	15	0.025	−0.065
	Weisshorn (secondary)	14	0.025	−0.057
Iberian ibex	Sierra Nevada (autoch)	15	0.041	−0.058
	Maestrazgo (autoch)	15	0.040	0.001

Scheme	$\bar{F}$	$\bar{C}_s$	$\bar{C}_d$	$\bar{C}_{sd}$	$\bar{C}_t$
6 newborn animals per generation					
G_0	0·167	0·167	0·269	0·167	0·192
G_0 and G_1	0·111	0·167	0·235	0·111	0·156
10 newborn animals per generation					
G_0	0·100	0·100	0·163	0·100	0·116
G_0 and G_1	0·067	0·100	0·142	0·067	0·094
20 newborn animals per generation					
G_0	0·050	0·050	0·083	0·050	0·058
G_0 and G_1	0·033	0·050	0·072	0·033	0·047

Tabela 2: Sokrvost (F), sorodnost med samci (Cs), med samicami (Cd), med samci in samicami (Csd), skupna sorodnost (Ct). Primerjava, kjer so lahko izbrani smo samci iz G0 ali izmenjujoče samci Go in G1 (Sonesson et al. 2002).

Sorodstvena depresija je po novejših raziskavah predvsem posledica škodljivih recesivnih alelov (*deleterious allels*). Pri osebkih se pojavljajo abnormalnosti, ki vplivajo na fitnes in celo umrljivost v zgodnjem življenju. Preživetje in plodnost osebkov v eksperimetalnih sokrvnih linijah sta običajno tako nizka, da linije izumrejo (Charlesworth et al. 2009).

Domingues et al. (2005) so skozi več generacij sledili variabilnosti lokusov na sto osebkih rakcev *Litopenaeus vannamei*. Generacije G5, G6, G7, G8 in G9 so pokazale progresivno povečanje genetske podobnosti. Vrednosti genetske raznolikosti (He) so se iz G5 = 0.27 znižale na G9 = 0.22. Genetska podobnost bi pri G18-19 dosegla 100 % v preiskovani liniji.

Cilj ohranjanja genetske raznolikosti je ohranjati živečo populacijo s čim manjšim genetskim zamikom in sokrvnostjo. Eden od načinov, kako lahko to dosežemo, je da za reprodukcijo uporabimo starejše, manj sorodne živali. To zmanjša tako imenovani »turnover« generacij in s tem zniža genetsko sorodnost v naslednjih generacijah. (Sonesson et al. 2002).

Sonesson et al. 2002 so s simulacijo prikazali, da izbira semena samcev izmenično iz generacije G0 in G1 rezultira v najmanjši možni sorodnosti populacije. Največ raznolikih genov je ohranjenih, če shranimo seme obeh generacij, namesto samo ene. V primeru, da ne moremo shraniti vseh vzorcev, je bolje shraniti seme G0, saj imajo več genov iz

Fotografija: vladimircech, Freepik.com

FUCTUS

izvorne generacije v primerjavi z G1. Poudarili so tudi, da v primeru shranjevanja embrijev ali ženskih gamet lahko še bolj zmanjšamo sorodnost.

Genetske banke omogočijo shranjevanje semena, oocit, embrijev in drugih tkiv. Glavna prednost teh bank je, da ohranjajo genetsko raznolikost vrste za nedoločen čas. Seme teh živali se lahko uporablja tudi po njeni smrti, hkrati tudi zmanjšamo število živih osebkov, ki so potrebni za ohranjanje žive populacije. S tem znižamo stroške in prostor za izvanjanje programov. Shranimo lahko tudi material osebkov, ki poginejo zaradi nesreč. (Roldan et al. 2006).

ZAKLJUČEK

Genske banke v Sloveniji shranjujejo genetski material rastlin in avtohtonih pasem domačih živali. Podatka o shranjevanju materiala divjih živali nisem dobila. Shranjevanje semenčec ali oocit odvzetih kozorogov bi lahko predstavljalo gensko banko. Z njo bi imeli možnost čez desetletja osvežiti genetski material živali tako, da bi v populacijo vrnili alele, ki so se s časom izgubili. Pri prostoživečih živalih je sicer problem izvedbe osemenjevanja in prenosa zarodkov nakaj, kar v prihodnosti morda lahko premostimo.

Hvala prof. Jelki Zabavnik Piano in prof. Gorazdu Venguštu za pomoč.

VIRI

1. Bozzuto, C., Biebach, I., Muff, S. et al. Inbreeding reduces long-term growth of Alpine ibex populations. Nat Ecol Evol 3, 1359–1364 (2019). https://doi.org/10.1038/s41559-019-0968-1
2. Charlesworth, D., Willis, J. The genetics of inbreeding depression. Nat Rev Genet 10, 783–796 (2009). https://doi.org/10.1038/nrg2664
3. Domingues de Freitas P., Manoel Galetti Jnr. P. (2005) Assessment of the genetic diversity in five generations of a commercial broodstock line of Litopenaeus vannamei shrimp. African Journal of Biotechnology Vol. 4 (12), pp. 1362-1367
4. Grossen, C., Biebach, I., Angelone-Alasaad, S., Keller, L. F., & Croll, D. (2017). Population genomics analyses of European ibex species show lower diversity and higher inbreeding in reintroduced populations. Evolutionary applications, 11(2), 123–139. https://doi.org/10.1111/eva.12490
5. Maudet, C., Miller, C., Bassano, B., Breitenmoser-Würsten, C., Gauthier, D., Obexer-Ruff, G., Michallet, J., Taberlet, P. and Luikart, G. (2002), Microsatellite DNA and recent statistical methods in wildlife conservation management: applications in Alpine ibex [Capra ibex (ibex)]. Molecular Ecology, 11: 421-436. https://doi.org/10.1046/j.0962-1083.2001.01451.x
6. Roldan, E., Gomendio, M., Garde, J., Espeso, G., Ledda, S., Berlinguer, F., Del Olmo, A., Soler, A., Arregui, L., Crespo, C. and González, R. (2006), Inbreeding and Reproduction in Endangered Ungulates: Preservation of Genetic Variation through the Organization of Genetic Resource Banks. Reproduction in Domestic Animals, 41: 82-92. https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2006.00772.x
7. Sonesson, A., Goddard, M., & Meuwissen, T. (2002). The use of frozen semen to minimize inbreeding in small populations. Genetical Research, 80(1), 27-30. doi:10.1017/S0016672302005712

ANATOMSKE POSEBNOSTI PREBAVNEGA SISTEMA KUNCEV TER TULAREMIJA

Avtorici: Alja Gojznikar in Ana Bezjak, študentki Veterinarske fakultete
Mentorica: izr. prof. dr. Valentina Kubale, dr. vet. med Inštitut za predklinične vede, Veterinarska fakulteta, Univerza v Ljubljani

IZVLEČEK

Kunci so rastlinojede živali. Njihov prebavni sistem omogoča prebavo hrane z veliko vlakninami. Imajo samo dve vrsti zob: sekalce in kočnike. Zobovje uvrščamo med elodontni in hipsodontni tip zobovja. Želodec kuncev obsega približno 15 odstotkov volumna celotnega gastrointestinalnega trakta. Vsebina želodca je navadno sestavljena iz hrane, dlake in tekočine. Tanko črevo zavzema približno 12 odstotkov gastrointestinalnega trakta, največji del pa pripada cekumu, ki obsega kar 40 odstotkov celotnega volumna prebavil pri kuncu. Distalno ali zadnje črevo pri kuncih predstavljata cekum in kolon. Gastrointestinalne mišice stimulira motilin, polipeptidni hormon, ki ga izločajo celice v duodenumu in jejunumu. Cekotrofa se pri kuncih tvori v proksimalnem delu kolona, tvori jo pa tudi trše blato v obliki bobkov. Tularemija je zoonoza, ki se lahko razširi na človeka preko ugriza okuženega členonožca ali z inhalacijo aerosolnih delcev in tudi preko kuncev. Klinični potek tularemije pa se lahko kaže v dveh različnih oblikah.

Ključne besede: kunci; rastlinojedi; gastrointestinalni trakt; cekotrofa; tularemija

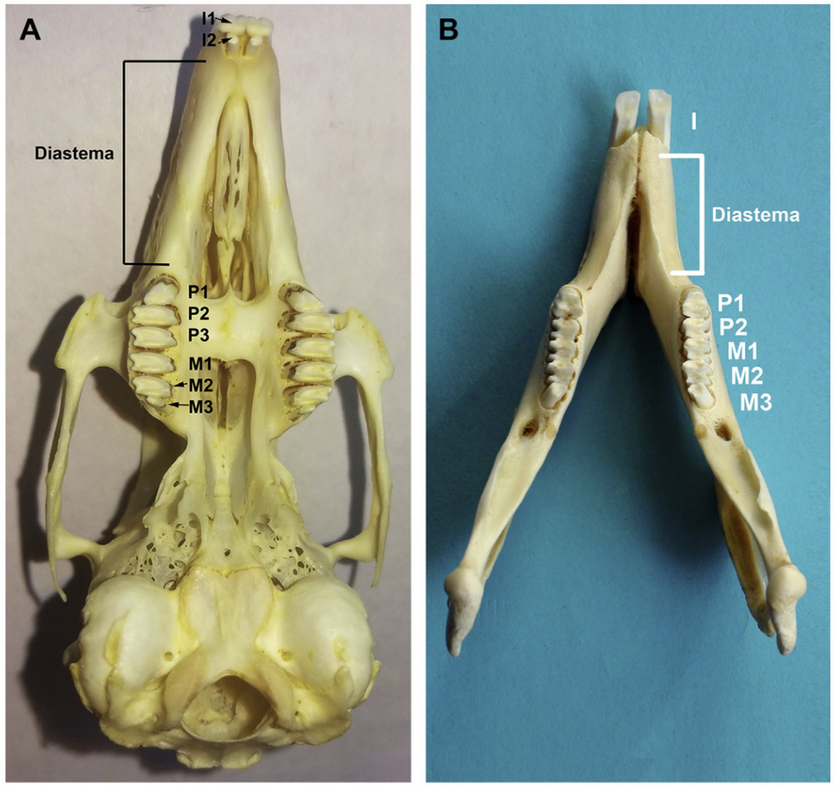
USTNA VOTLINA IN ZOBOVJE

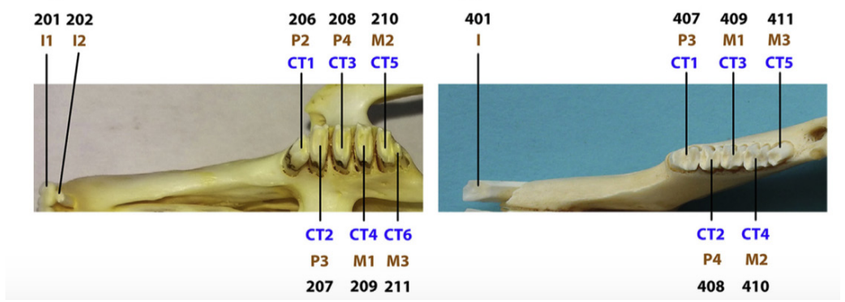
Zobovje kuncev uvrščamo med elodontni (stalno rastoč) in hipsodontni (z visoko krono zaradi prehrane s senom) tip zobovja. Kunčja zobna formula je I2/1, C0/0, P3/2 M3/3, kar je skupaj 28 stalnih zob. Kunci imajo samo dva tipa zob, sekalce (incizive) in kočnike, med katere spadajo premolarji in molarji. Vrsti zob med seboj ločuje diastema (Slika 1). Kunci in lagomorfi na splošno imajo en par mandibularnih sekalcev. V primerjavi z glodavci, ki imajo samo en set sekalcev, imajo kunci v zgornji čeljusti 2 seta sekalcev. Maksilarni sekalci vključujejo tako imenovane glavne sekalce in par manjših sekalcev, ki se v angleščini imenujejo "peg teeth" in se nahajajo za primarnimi sekalci. Maksilarni sekalci rastejo počasneje kot mandibularni, toda kljub temu 2–3x hitreje kot kočniki.

Kunci imajo mlečne in stalne kočnike. Po skotitvi se mandibularni mlečni kočniki popolnoma razvijejo v 4. dnevu starosti. Erupcija stalnih molarjev se začne pri 9. dnevu starosti, v 23. dnevu starosti pa se začne erupcija mandibularnih premolarjev.

Za prepoznavo hrane si pomagajo z obsežnimi vibrisami na področju gobčka, saj njihovo vidno polje ne zajema področja direktno pred usti. Kunčje ustnice so izredno gibljive, sekalci pa so zelo pomembni za grizenje kratkih delov vegetacij.

Ko rastlinska hrana prispe v usta, jo v ustih zmeljejo v horizontalni in lateralni smeri. Poznamo dva različna vzorca mletja hrane v ustih. Ko se prehranjujejo s peleti ali korenjem, hrano meljejo drugače kot pri trganju sena ali trave. Slama, seno ali trava omogočajo horizontalno mletje hrane s pomočjo





Slika 1: Zobovje kuncev (povzeto po Donnelly TM, Vella D, 2016).

ličnikov, mletje trše hrane (npr. peleti) pa poteka v lateralni smeri. Za mletje hrane v ustni votlini kunec naredi z mastikatorno muskulaturo približno 120 premikov.

Kunci imajo 4 pare slinskih žlez (parotidni, mandibularni, sublingualni in zigomatični par). Poleg njih najdemo še manjše nekapsulirane oblike žlez, ki se nahajajo znotraj lamine proprie mukoze v sluznici. Žlezna izvodila pri kuncih so najbolje opisana za mandibularni par slinskih žlez in se odpirajo v sublingvalno izvodilo pod jezikom na dnu ustne votline. Jezik kuncev je v primerjavi z velikostjo živali precej velik, njegova površina pa je pokrita s številnimi papilami, zaradi katerih ima grobo površino.

ŽELODEC

Kunci so herbivori. V naravi so selektivni jedci in se pasejo večinoma z mladim rastlinjem, ki ima visoko vsebnost hranilnih snovi. Njihov prebavni sistem omogoča prebavo hrane z veliko vlakninami. Imajo velik enovotlinski želodec in dobro razvito slepo črevo (cekum), podobno kot imajo konji. Kunčji želodec zajema po velikosti približno 15 odstotkov volumna celotnega gastrointestinalnega trakta. Ima tanko steno, obliko črke J in leži na levi strani telesa. Želodec odraslih kuncev ima pH okoli 1–2. Kunci se prehranjujejo do 30x dnevno. Vsebina želodca je navadno sestavljena iz hrane, dlak in tekočine. Mladi kunci pridobijo črevesno floro s pomočjo cekotrofe, ki jo začno uživati pri 2 tednih starosti. V slepo črevo se naselijo mikroorganizmi, s pomočjo katerih se lahko prične prebava. Primarno mikrofloro kuncev predstavlja vrsta bakterij *Bacterioides*.

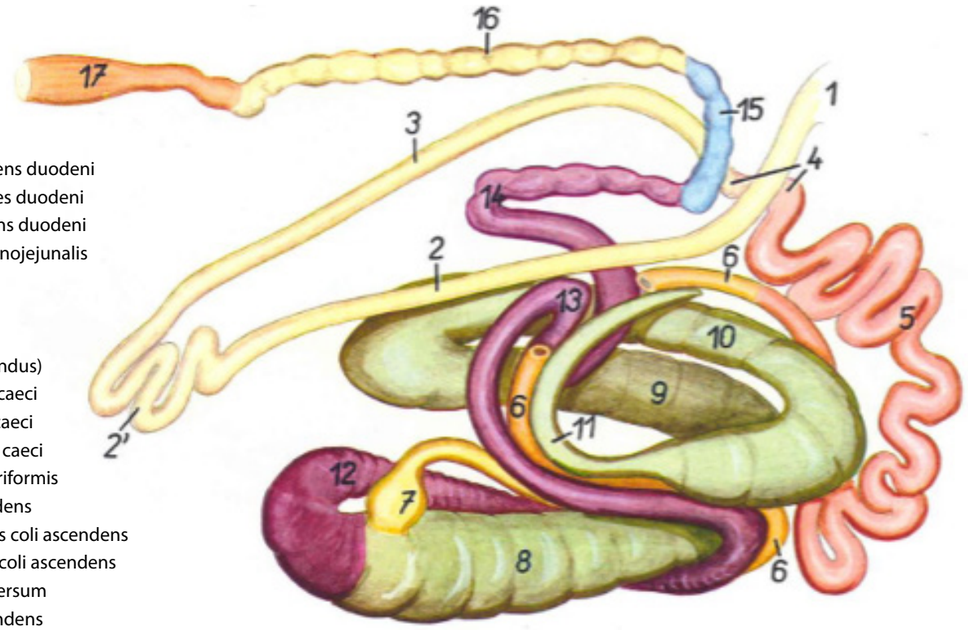
TANKO ČREVO IN ŽOLČEVOD

Tanko črevo zavzema približno 12 odstotkov volumna gastrointestinalnega trakta. Žolčevod vstopa v proksimalni del duodenuma. Desni reženj pankreasa se nahaja v mezenteriju. Levi reženj pa med želodcem in prečnim delom debelega črevesja. Kunci imajo eno pankreatično izvodilo, ki se odpira v stičišče med prečnim in ascendentim delom duodenuma in je povezan z obema režnjema pankreasa. Gre za akcesorno pankreatično izvodilo, saj se primarna povezava med pankreasom in duodenumom izgubi med embrionalnim razvojem. Jejunum je najdaljši odsek tankega črevesja. Sestavljen je iz limfatičnih struktur (Payerjeve plošče), ki se nahajajo v podsluznici ter laminii proprii sluznice. Na koncu ileuma se nahaja izrazita ampula ilei, ki se zaradi sferične oblike pri kuncu imenuje *sacculus rotundus* in označuje stičišče med ileumom, slepim črevesom in kolonom. *Sacculus rotundus* nekateri viri v literaturi poimenujejo cekalna tonzila, saj je sestavljen predvsem iz limfatičnega tkiva. Ta organ je pri kuncih poseben, saj preprečuje vračanje vsebine nazaj v ileum. Gastrointestinalne mišice stimulira polipetidni hormon motilin, ki ga izločajo celice duodenuma in jejunuma. Motilin se sprosti kot odgovor na maščobne delce v hrani, medtem ko ogljikovi hidrati zavirajo njegovo izločanje. Aktivnost motilina ni prisotna v slepem črevesju.

DEBELO ČREVO

Distalno ali zadnje črevo pri kuncih predstavljata cekum in kolon. Cekum kuncev je velik, ima izrazite haustre in volumensko obsega vsaj 40 odstotkov gastrointestinalnega trakta. Cekum je zgrajen iz tanke stene in je zvit v 3 gube (*gyrus primus, gyrus*

Slika 2: Shematska predstavitev črevesja pri kuncu (povzeto po Kubale V, 2012).



1 ventriculus
2 pars descendens duodeni
2' ansae caudales duodeni
3 pard ascendens duodeni
4 flexura duodenojejunalis
5 jejunum
6 ileum
7 ampulla ilei
(sacculus rotondus)
8 gyrus primus caeci
9 gyrus tertius caeci
10 gyrus tertius caeci
11 appendix veriformis
12 colon ascendens
13 ansa centralis coli ascendens
14 ansa distalis coli ascendens
15 colon transversum
16 colon descendens
17 rectum

Fotografija: Freepik.com

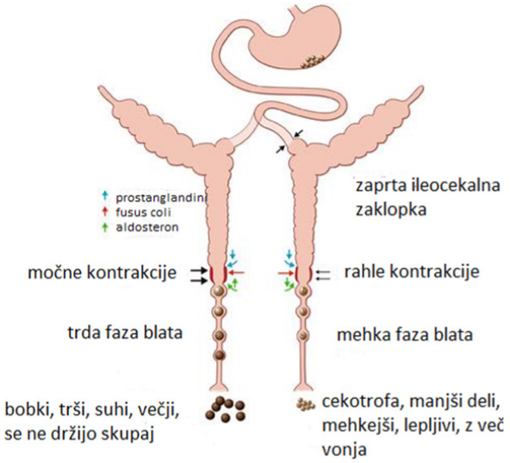
secundus, gyrus tertius), poleg katerih ga sestavlja še slepič (*appendix veriformis*)(Slika 2).

Kolon delimo na ascendentni del, anzo proximalis, zavito anzo centralis (na mestu, ko se loči od ileuma) in anzo distalis (za tem mestom so vidni bobki). Pred rektumom je še kratek sigmoidalni del kolona. Funkcionalno razdelimo kolon na proksimalni (s tenijami in haustrami) in distalni (brez tenij), meja med njima pa je *fusus coli*, 5–8 cm dolgo področje z močno krožno mišico, debelo sluznico in ganglijskimi pleteži, ki uravnava izločanje trdih in mehkih bobkov. Haustre so pomembne za ločevanje prebavljivih delcev od neprebavljivih ter tekoče vsebine.

Fusus coli deluje kot neke vrste spodbujevalnik za sprožitev peristaltičnih valov v proksimalnem in distalnem debelem črevesu. Narava in smer peristaltičnih valov se spreminjata s fazo izločanja blata. Nanj vplivajo hormoni, kot so aldosteron in prostaglandini. V fazi trdega blata izgubi črevesna vsebina med prehodom skozi *fusus coli* znatne količine vode, kalija in natrija. Voda se mehansko iztisne iz vlaknastega materiala, preden preide v distalni del debelega črevesa, kjer se nadaljuje absorpcija vode, hlapnih maščobnih kislin in elektrolitov, pri čemer ostanejo suhe, neprebavljive snovi, ki se izločijo v obliki trdih fekalnih peletov. Med nastajanjem trdega blata so ravni aldosterona visoke, vendar padejo med fazo izločanja mehkega blata. Prostaglandini zavirajo gibljivost proksimalnega debelega črevesa in stimulirajo distalni debelega črevesa, kar pomaga pri izločanju mehkega blata ali cekotrofe (Slika 3).

FORMACIJA CEKOTROFE

Kunci izločajo iztrebke prve in druge generacije. Iztrebki prve generacije so mehki, vsebujejo visok odstotek vlage in so bogati z beljakovinami ter vitamini skupine B. Te iztrebke imenujemo cekotrofa, kunci pa jih zaužijejo neposredno iz anusa. Cekotrofa se tvori v proksimalnem delu kolona. Kunci začnejo svojo cekotrofo zauživati pri starosti 2–3 tednov sočasno z zauživanjem trde hrane. Priporočljiva dieta za kunce vsebuje stalen dostop živali do sena, 50 g peletov dnevno, sveže hrane pa približno okoli 1–2 skodelici. Glavna hrana kuncev je seveda seno. Za nastanek cekotrofe je pomembna hitrost pasaže hrane skozi kolon in pospešena absorpcija vode, proteinov in drugih substanc. Oblikovanje trdega blata ali mehke cekotrofe traja približno enako časa (Slika 3).



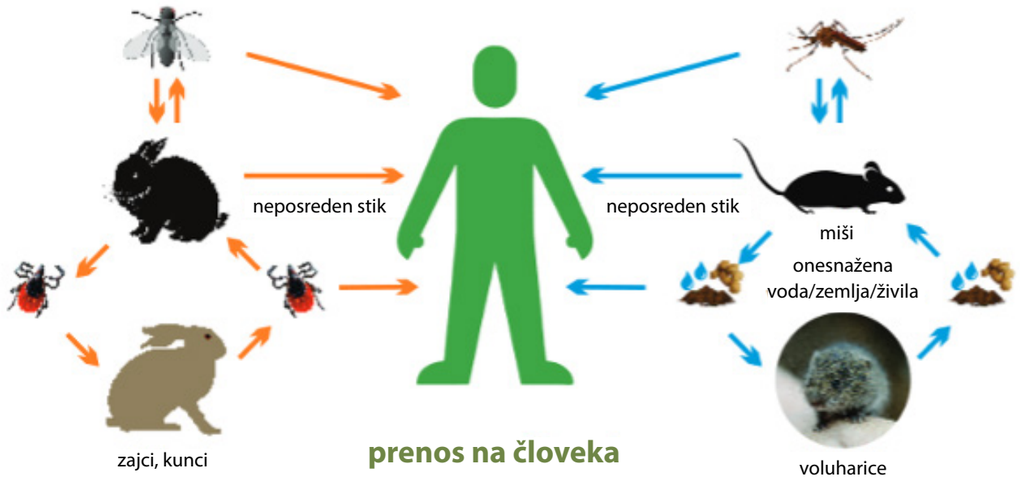
Slika 3: Delovanje prebavnega sistema kuncev pri izločanju trdega in mehkega blata. Tvorba trdega blata se imenuje faza trdega blata, izločanje cekotrofe pa faza mehkega blata. Faze izločanja sledijo izrazitemu cirkadianem ritmu. Faza trdega blata je prikazana črno. Faza mehkega blata je prikazana zeleno. Izmenjava vode, elektrolitov in hranilnih snovi skozi črevesni epitelij se spreminja s fazo izločanja blata. Smer izmenjave vode in elektrolitov je označena s puščicami.
(prirejeno po Varga M.)

TULAREMIJA

Tularemija je akutna bolečinska bolezen, ki je zoonoza in je povezana tudi s kunci, kakor tudi z zajci, voluharji, pižmovkami, bobri in glodavci. Povzročitelji tularemije so bakterije iz rodu Francisella, ki so majhni, aerobni, katalaza pozitivni, pleomorfični, gram negativni kokobacili, ki spadajo med najbolj kužne mikroorganizme. Poznamo 4 podvrste *Francilesse tularensis*: *Francisella tularensis, Francisella holarctica, Francisella mediasiatica* in *Francisella novocida*. Za prenos na človeka sta pomembni dve podvrsti, *Francisella tularensis subspecies tularensis* pa je najbolj virulentna za ljudi. *Francisella tularensis* je obvezen znotrajcelični patogen, ki invadira predvsem makrofage, ki jim onemogoči njihovo primarno vlogo pri zaščiti organizma.

Okužba nastane z vstopom bakterije *Franciselle tularensis* v telo preko kože, vključno preko nevidnih poškodb na koži, očesnih veznic, prebavil ali pljuč. Ljudje se lahko okužimo z ugrizom okuženega členonožca (klop, muha, komar), dotikom ali ugrizom okužene živali, uživanjem onesnažene vode ali živil (kamor spada tudi uživanje nezadostno termično obdelanega mesa, predvsem kunčjega) ter z inhalacijo aerosolnih delcev (Slika 4).

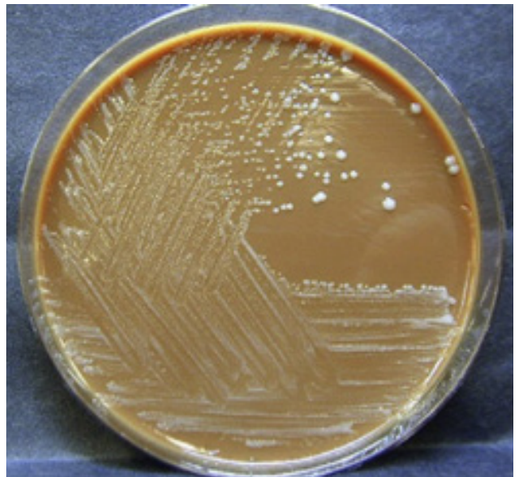
Klinična diagnostika tularemije je odvisna od znakov, ki jih ima pacient, bakterijske podvrste in poti



Slika 4: Kroženje bakterije Francisella tularensis v naravi (povzeto po NIJZ).

oz. izvora okužbe. Inkubacijska doba navadno traja 3–6 dni, lahko pa variira tudi med nekaj urami ali tremi tedni. Poznamo dve obliki: ulceroglandularno in pljučno obliko. Razlika med obema kliničnima oblikama je predvsem v prisotnosti mukoznih membran, ki blokirajo vstop bakteriji. Pljučna oblika, ki se pojavi po izpostavljenosti aerosolnim delcem *Franciselle tularensis,* je ena izmed najhujših in letalnih oblik bolezni. Mortaliteta tularemije se je bistveno znižala z uvedbo učinkovitih antibiotikov. V obdobju pred antibiotiki je bila mortaliteta med 30–60 odstotkov zaradi nezdravljenih pnevmoničnih in drugih oblik obolenj. Klinični znaki zajemajo vse, od vročine, kašlja, bolečine v prsih, povečanih bezgavk in razjed na koži. Na rentgenskih posnetkih prsnega koša pri pacientih velikokrat najdejo pljučne infiltrate.

Slika 5: Rast Franciselle Tularensis na čokoladnem agarju (povzeto po Lise E, Nigrovic S, Wingerte, L, 2008).



Za ugotavljanje *Franciselle tularensis* največkrat uporabljamo serološke metode s pomočjo mikroaglutinacije. Čeprav je že po enem tednu možnost izmeriti titer protiteles, je običajneje postaviti diagnozo na podlagi meritev po 2 tednih. Diagnostiko lahko naredimo tudi na delih tkiva s pomočjo direktne imunofluorescence, reakcije PCR ali hitrimi antigenskimi testi, ki so značilni za *Francisello tularensis. Francisella tularensis* je mogoče določiti tudi s pomočjo gojitve na npr. čokoladnem agarju, kljub potencialni nevarnosti za okužbo (Slika 5). Ker bakterija sama po sebi težko raste na nevtralnem agarju, je potrebno bakterijo gojiti na gojišču obogatenem z cisteinom. Po 24–48 urah na 37 °C se kolonije *Franciselle tularensis* pojavijo kot majhne, neprozorne kolonije, katerih rast lahko traja tudi 10 dni. Zelo pomembna pri zdravljenju tularemije je predvsem zgodnja diagnoza in pravilna uporaba pravih antibiotikov. Navadno samo zdravljenje za tularemijo traja od 7 do 10 dni, tudi dlje časa v primeru hujših obolenj.

Zelo pomembno je zato preprečevanje okužbe. Pomaga uporaba repelentov, uporaba pitne vode le iz nadzorovanih virov ali vodovodov, izogibanje stika z divjimi živalmi, ravnanje z mrtvimi živalmi z rokavicami, uporaba rokavic tudi pri rokovanju z mesom divjih živali ter pravilna in zadostna termična obdelava mesa. Pomembna je tudi dezinsekcija, deratizacija ter preprečevanje dostopa glodavcev in mrčesa do bivališč.

VIRI

1. Donnelly TM, Vella D. Anatomy, Physiology and Non-dental Disorders of the Mouth of Pet Rabbits. Vet Clin North Am Exot Anim Pract; 2016; 19(3):737–56.
2. Johnson-Delaney CA. Anatomy and Physiology of the rabbit and rodent gastrointestinal system, Proceedings of Association of Avian Veterinarian, 2006.
3. Leng E, Clauss W, Hörnicke H. Colon passage time in rabbits in relation to the formation of caecotrophes. Zentralbl Veterinarmed A; 1977; 24(4):324–32.
4. Kubale V. Poskusne živali v biomedicinskih raziskavah : učbenik za delo s poskusnimi živalmi. Ur., 1. izd. Ljubljana: Veterinarska fakulteta, 2012.
5. Kubale V. Skrb za zdravje eksotičnih živali v sožitju s človekom: informativni priročnik za lastnike živali in študijsko gradivo za študente veterinarstva. Ur., 1. izd., elektronska izd. Ljubljana: Veterinarska fakulteta, 2018.
6. www.nijz.si
7. Nigrovic LE, Wingerter SL. Tularemia. Infect Dis Clin North Am 2008;22(3):489–50.
8. Varga M. Rabbit Basic Science. Textbook of Rabbit Medicine. 2014;3-108.

Fotografija: Aswathy N, Unsplash

IVSA: MENJAVA GENERACIJ

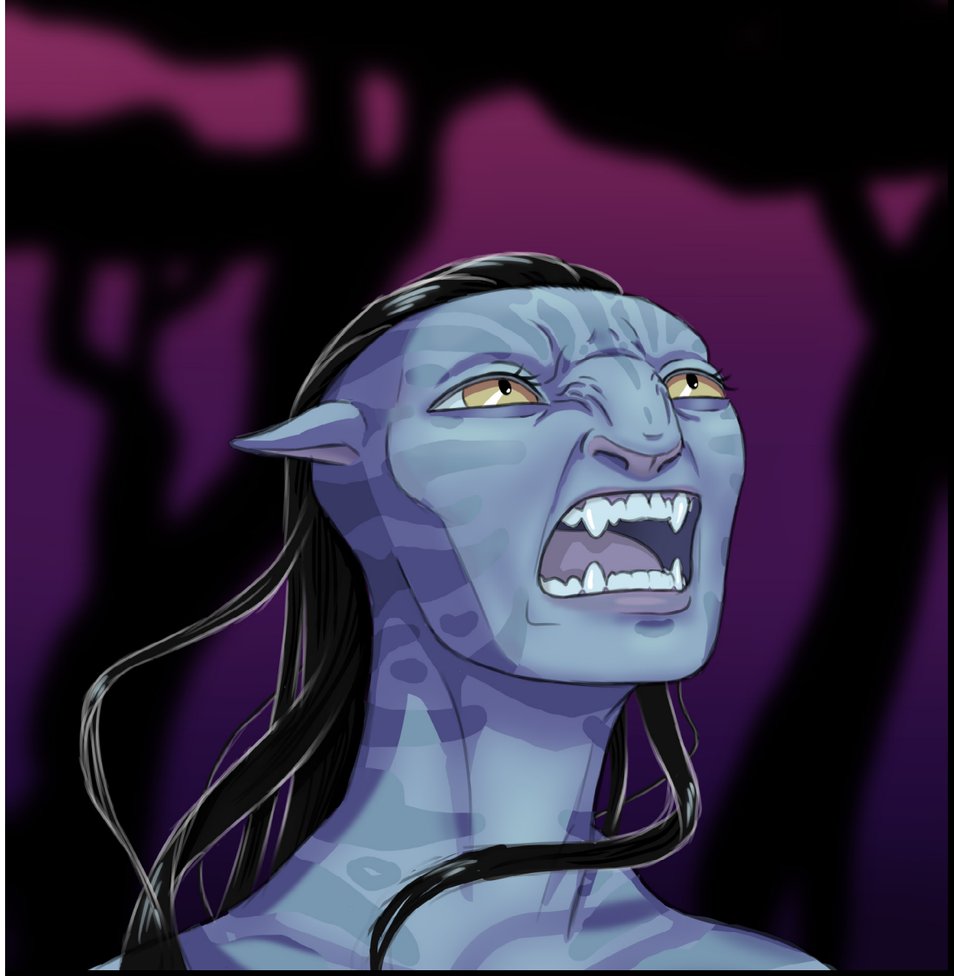
Avtorja: Franci Stopar in Tara Česnik

Ob začetku pisanja vsakoletnega poročila za našo najboljšo študentsko revijo Ructus ne morem mimo vseh spominov, ki mi švignejo po glavi, ko pomislim, kaj vse smo »dali skozi« v vseh teh letih. Ne bom pretirano sentimentalen, toda v veliko čast mi je, da sem lahko s svojima desnima rokama, podpredsednikom Metodom Kolčem, vodjo izmenjav Rokom Ojsterškom in vsemi ostalimi aktivnimi člani vodil naše združenje. Vseh projektov, ki so za nami, ne bom našteval, bilo pa jih je veliko, od študentskih izmenjav, vikend srečanj, konferenc, delavnic, predavanj in IVSA taborov do vseh projektov zabavnejše narave, namenjenih dobrobiti študentov. Najpomembneje je, da smo ohranili bistvo mednarodnega združenja, krepili stare in gradili nove vezi. Zelo sem ponosen na ekipo, ki pripravlja globalni IVSA dogodek – IVSA simpozij 2023, v naši mali Sloveniji, na naši mali fakulteti. Zavedamo se vsega truda in trdega dela, ki omogočata tak dogodek, ki nam je vsem (vključno z našo fakulteto in Univerzo), v ponos. Na tem mestu se omenjenim zahvaljujem za izkazano pomoč in podporo. Rad bi se zahvalil tudi vsem ostalim, ki so v času mojega predsedovanja pomagali graditi našo zgodbo, saj smo le tako postali to, kar smo. Besedo predajam svojim naslednikom, hkrati pa jim želim veliko uspeha, dobre volje, vztrajnosti in novih izkušenj. HVALA!

Franci, hvala za besedo. Tudi meni se ob pisanju živo odvijajo spomini, in to kar iz prvega letnika, ko se je študentsko življenje zdelo kot oddaljen paradiž in starejši študenti tako nedosegljivi. Takrat me je bilo strah, da drugi študenti veterine mogoče grizejo. In ne bom lagala, še vedno me je strah, vendar ne več ugrizov :). Strah je uperjen k visoki letvici, na kateri trenutno sedi IVSA in ekipi, ki jo je tja postavila. Ampak hkrati vem, da ob meni stoji nova in zagnana ekipa, s katero bomo držali zastavljeni tempo. Pa da ne bom krivična, tudi iz zaledja še vedno prihaja ogromno nasvetov in podpore »starcev«, za kar sem vsem iskreno hvaležna.

Ko bo tale številka Ructusa izšla, bo tako stara kot nova IVSA ekipa do vratu zakopana v delo zaradi mednarodnega simpozija ali pa si bomo ravno pričeli lizati rane po napornih mesecih organizacije. V tem času (in nekaj tednih prej) je zelo verjetno, da boste pohojali podočnjake organizacijskega komiteja ali pa poslušali krike frustracije iz študentske sobe. Vendar pa vam bo vsak povedal, da se vložek pri IVSA-i vedno povrne z neprecenljivimi izkušnjami in vezmi, ki trajajo še dolgo.

Fotografiji iz mednarodnega IVSA kongresa v Braziliji, Sao Paulo (julij 2022).



Ilustracija in figurica iz polimerske gline, pobarvana z akrilom:

Nina Tome Škarja

LIVISTO

HEMDIOL
Flex
IZBERITE ZELENO

Prehranski dodatek za pse in mačke
Dopolnilna krmna mešanica

24 UR DOLGO SPROŠČANJE. TEHNOLOGIJA MIKROGRANUL.

HEMDIOL Flex 30 kapsul. Dopolnilna krmna mešanica za pse in mačke. Sestava: Repično olje, koruzni škrob, konopljina moka, ribje olje, maltodekstrin. **Priporočeno obdobje uporabe:** Sprva do 3 mesece. Priporočljivo je, da se pred uporabo in pred podaljšanjem obdobja uporabe posvetujete z veterinarjem. **Navodila za uporabo (peroralna uporaba): Mačke:** 1 kapsula na dan. **Psi:** 1 kapsula na dan za pse do 20 kg. 2 kapsuli na dan za pse, ki tehtajo več kot 20 kg. Za pse, ki tehtajo več kot 40 kg, so za prvi odmerek priporočljive 3 kapsule, nato nadaljujte z odmerkom 2 kapsuli na dan. Hraniti v hladnem in suhem prostoru. **Pakiranje:** 30 kapsul. Datum priprave informacije: 29.9.2022.

ZASTOPA IN PRODAJA: **ANIMALIS, prehrana in zdravje živali, d.o.o.** · Tržaška cesta 135 · 1000 Ljubljana · t. 01 242 55 30 · m. 031 659 804 · info@animalis.si · **www.animalis.si**

Along with you livisto.com

ANIMALIS