

Biologická olympiáda

Ročník: 55. Šk. rok: 2020/21

Celoštátne kolo

Kategória: B

Praktická úloha

Celoštátne kolo začína 13.00 a končí 15.30. Budete riešiť test a jednu praktickú úlohu. Na test máte 90 minút. Na praktickú úlohu 60 minút. **Za test môžete získať 80 bodov za praktickú úlohu 40 bodov.** Test aj praktická úloha budú otvorené počas celého riešenia CK. Na niektoré otázky je správnych viac odpovedí. Body Vám budú udelené za každú správnu odpoveď. Za nesprávnu Vám budú odpočítané minimálne na 0. Ak test a praktickú úlohu neodošlete včas, test sa uzamkne a nebude sa dať odoslať. V takom prípade budú neplatné. Nenechajte si odoslanie na poslednú chvíľu pre prípadné problémy s internetom alebo kapacitou MS Forms. V prípade rovnosti bodov o poradí rozhodne čas riešenia testu.

* Tento formulár zaznamená vaše meno, zadajte svoje meno.

Téma: Anatómia a fyziológia vylučovacích sústav živočíchov

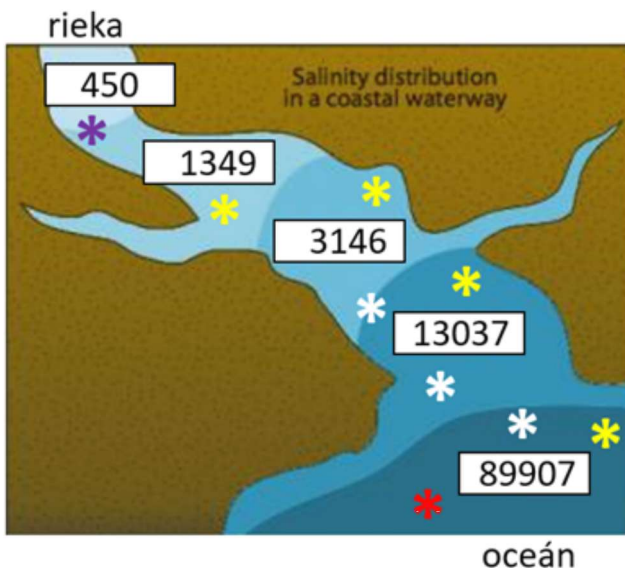
Vylučovacie sústavy živočíchov zabezpečujú homeostázu prostredníctvom regulácie množstva vody a solí

v tele, ale tiež odstraňovaním produktov metabolizmu dusíka, či vylučovaním toxických látok.

V tejto úlohe sa zameriame na analýzu rôznych aspektov fungovania vylučovacích sústav a ich adaptácií na podmienky prostredia, ktoré sa u živočíchov vytvorili v priebehu evolúcie.

I. Osmoregulácia v brakických vodách

V závislosti od toho, či žijú v sladkej alebo slanej vode sa vodné živočíchy musia vyrovnat' s diametrálne odlišnými nárokmi na fungovanie vylučovacej sústavy. Tieto živočíchy môžeme rozdeliť na dve skupiny (osmokonforméry a osmoregulátory) podľa toho, či majú ich telesné tekutiny rovnaký (konforméry) alebo odlišný (regulátory) obsah osmoticky aktívnych častíc ako okolitá voda. Podľa toho, či je koncentrácia osmoticky aktívnych látok vyššia alebo nižšia ako v okolitej vode môžeme potom osmoregulátory ďalej rozdeliť na hyper- (vyššia) a hyporegulátory (nižšia). Mimoriadne zaujímavým prostredím pre štúdium osmoregulácie sú tzv. brakické vody, teda prostredia, kde sa rieky vlievajú do mora a dochádza k zmiešavaniu sladkej a slanej vody. Živočíchy, ktoré tu žijú môžu byť zároveň hypo- aj hyperregulátory v závislosti na zmenách salinity vody. Na schéme nižšie vidíte výsledky pokusu, ktorý študoval adaptácie živočíchov žijúcich pri oceánskom ústí rieky. Biele obdĺžniky s číslami predstavujú hodnoty vodivosti vody, ktorá bola nameraná v teréne a je priamo úmerná salinite (slanosti vody). Hviezdičky rôznych farieb znamenajú rôzne druhy živočíchov, ktoré boli odchytené v daných lokalitách.



Vodivosť ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Množstvo NaCl (g/l)
450	0,292
1349	0,877
3146	2,045
13037	8,474
89907	58,440

1

V tabuľke vidíte prevod hodnôt vodivosti na obsah NaCl (v tejto úlohe budeme predpokladať, že jediná soľ, ktorú morská voda obsahuje je NaCl). Aby sme tieto hodnoty mohli ďalej použiť, potrebujeme ich teraz previesť na osmolaritu. Osmolaritu vypočítame ako molárnu koncentráciu vynásobenú počtom iónov, na ktoré ionizuje jedna molekula danej soli. Jednotky tejto veličiny sú osmoly na liter (osm/l). Vypočítajte osmolaritu vody v týchto piatich lokalitách. Výsledok uveďte v osm/l a zaokrúhlený na tri desatinné miesta. Molová hmotnosť NaCl je 58,44 g/mol.
(Počet bodov: 5)

2

Druh označený fialovou hviezdíčkou je ryba, ktorá má osmolaritu krvnej plazmy ~ 0,3 osm/l. Ktoré z nasledujúcich možností sú pravdivé?
(Počet bodov: 2)

- ☐ Táto ryba pravdepodobne produkuje veľké množstvá veľmi riedkeho moču.
- ☐ Táto ryba je hyperosmotický regulátor.
- ☐ Táto ryba má veľmi slabo vyvinuté obličky.
- ☐ Táto ryba je osmokonformér.
- ☐ Táto ryba je hypoosmotický regulator.

3

Druh označený žltými hviezdíčkami je kôrovec, ktorý:
(1 bod)

- ☐ Je pravdepodobnejšie osmoregulátor ako osmokonformér, keďže toleruje veľké výkyvy salinity.
- ☐ Má zo všetkých zobrazených druhov najužšie ekologické optimum salinity vody.
- ☐ Je osmokonformér, keďže nemá obličky, ktoré by mu umožňovali regulovať osmolaritu telesných tekutín.
- ☐ Je pravdepodobnejšie osmoregulátor ako osmokonformér, pretože sa vyskytuje prevažne v oblasti s vysokou salinitou.

Druh označený bielymi hviezdčkami je ryba, ktorej osmolarita krvnej plazmy bola na všetkých lokalitách v priemere 0,32 osm/l. Z toho môžeme usudzovať, že:
(Počet bodov: 2)

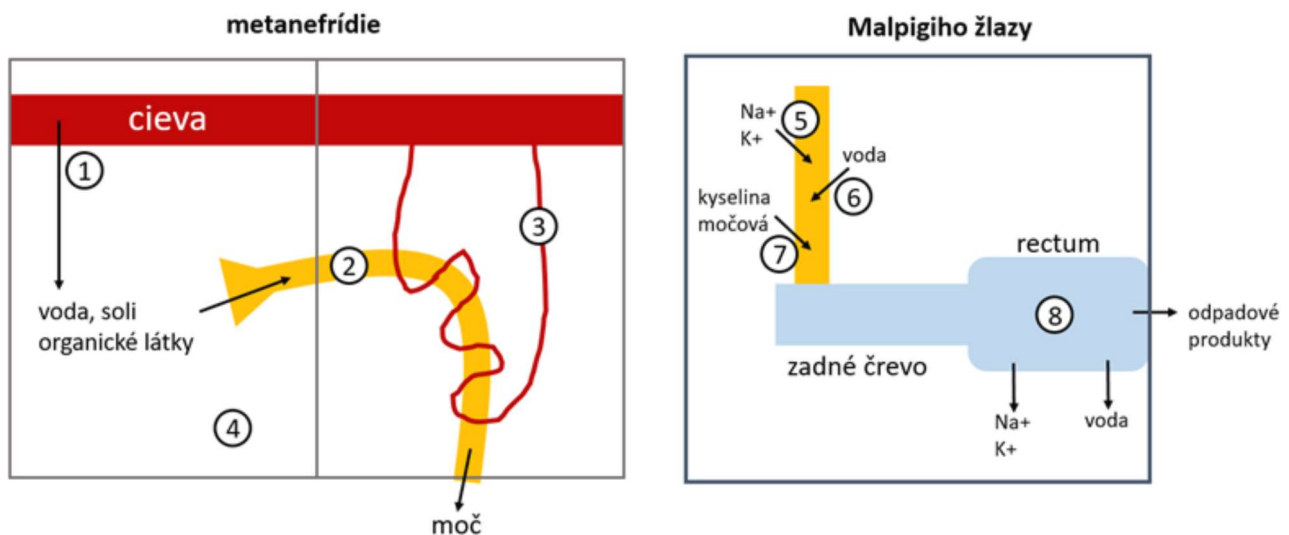
- ☐ Je osmoregulátor.
- ☐ Je osmokonformér.
- ☐ Produkuje omnoho viac moču ako druh ryby označený fialovou hviezdčkou.
- ☐ Produkuje omnoho menej moču ako druh ryby označený fialovou hviezdčkou.

Druh označený červenou hviezdčkou je kôrovec, ktorý je osmokonformistom, teda:
(1 bod)

- ☐ V oblasti s najvyššou vodivosťou vody je osmolarita jeho hemolymfy vyššia ako osmolarita plazmy ryby označenej bielou hviezdčkou, ktorá sa tam tiež vyskytuje.
- ☐ V oblasti s najvyššou vodivosťou vody je osmolarita jeho hemolymfy nižšia ako osmolarita plazmy ryby označenej bielou hviezdčkou, ktorá sa tam tiež vyskytuje.
- ☐ V oblasti s najvyššou vodivosťou vody je osmolarita jeho hemolymfy zhruba rovnaká ako osmolarita plazmy ryby označenej bielou hviezdčkou, ktorá sa tam tiež vyskytuje.

II. Stavba a funkcia vylučovacích orgánov bezstavovcov

Hlavným vylučovacím orgánom stavovcov sú obličky, v ktorých je krv pod tlakom filtrovaná cez tenké steny kapilár, čím vzniká primárny moč. Ten následne prechádza systémom kanálikov, ktorý upravuje jeho zloženie napr. znovu vstrebávaním (resorpciou) vody, organických látok a solí, či naopak aktívnym vylučovaním (exkréciou) iných látok. Na obrázku vidíte schematicky znázornenú stavbu metanefrídií dážďovky a Malpighiho žliaz mravca (obe vyznačené žltou). Hoci tieto vylučovacie orgány na prvý pohľad nepripomínajú obličky, predsa využívajú rovnaké princípy. Krv dážďovky je filtrovaná cez tenké steny ciev, pričom filtrát, ktorý obsahuje vodu, soli a organické produkty metabolizmu prechádza cez metanefrídie, kde sa upravuje jeho zloženie spätným vstrebávaním niektorých látok do krvi, alebo naopak aktívnym vylučovaním do vznikajúceho moču. Ten opúšťa telo cez tzv. nefrídiopóry po stranách každého článku. Bunky Malpighiho žliaz, ktoré ústia do čreva, sekrétujú do vnútra žliaz ióny solí a kyselinu močovú, ktorá je odpadovým produktom metabolizmu proteínov. Takto vzniknutý roztok prechádza črevom, kde sa z neho soli, voda a iné dôležité látky opäťovne vstrebávajú, pričom odpadové produkty opúšťajú telo spolu s nestrávenými zvyškami. Vnútro šedých obdĺžnikov predstavuje v oboch prípadoch vnútro tela.



6

Proces označený v schéme číslom 1:
(1 bod)

- ☐ Je analogický procesu, ktorý prebieha v glomeruloch obličiek stavovcov.
- ☐ Prebieha výhradne u obrúčkavcov.
- ☐ Je analogický procesu označenému č. 7.
- ☐ Vytvára finálny moč.

7

Ktoré z procesov na schéme Malpigiho žliaz sú analogické tým, čo prebiehajú v systéme zberných kanálikov ľudského nefrónu?

(Počet bodov: 2)

- ☐ iba 1 a 6
- ☐ 5, 6 a 7
- ☐ iba 7
- ☐ iba 6
- ☐ žiadne z uvedených

8

Ktoré z procesov na schémach predstavujú aktívny transport?

(Počet bodov: 2)

- ☐ 5, 6 a 7
- ☐ iba 5 a 7
- ☐ iba 6
- ☐ iba 5 a 6
- ☐ iba 6 a 7
- ☐ žiadne z uvedených.

Čo predstavuje štruktúra označená č. 4?
(1 bod)

- ☐ Bowmanov vačok
- ☐ celóm
- ☐ tyflosolis
- ☐ Henleho kľučku

10

Prečo môže dážďovka (podobne ako stavovce) na rozdiel od mravca využívať filtráciu telesnej tekutiny pod tlakom?
(1 bod)

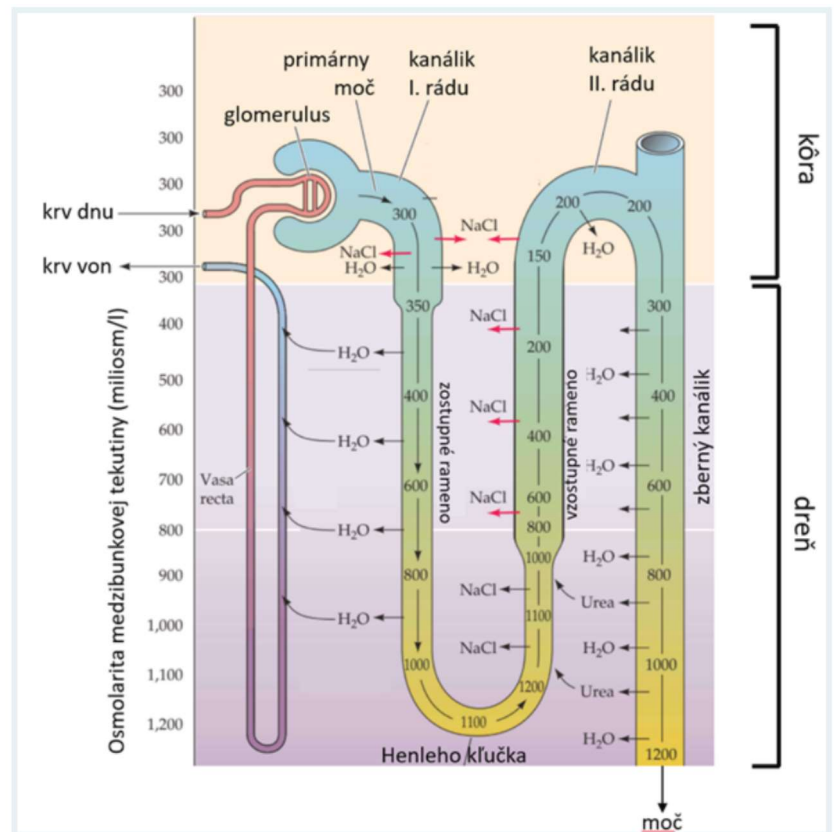
- ☐ Pretože jej nefrídie sa otvárajú nefrídiopórmami priamo do vonkajšieho prostredia, čo umožňuje lepšiu reguláciu tlaku tekutín vo vylučovacej sústave.
- ☐ Pretože jej metanefrídie prechádzajú vždy do nasledujúceho článku, čo zabezpečuje, že nedôjde k spätnému toku moču do telesnej dutiny.
- ☐ Pretože má uzavretý krvný obeh, ktorý jej umožňuje vytvoriť v cievach potrebný tlak.
- ☐ Pretože na rozdiel od mravca nedýcha vzdušnicami, ktoré by limitovali maximálnu veľkosť jej ciev.

Označte pravdivé tvrdenia:
(Počet bodov: 5)

- ☐ Štruktúra č. 3 je svojou funkciou analogická glomerulu stavovcov.
- ☐ Štruktúra č. 2 je analogická systému kanálikov v obličkách stavovcov.
- ☐ Osmolarita tekutiny v Malpighiho žľazách je vyššia ako osmolarita hemolymfy.
- ☐ U mravca plnia Malpighiho žľazy spolu s črevom podobnú funkciu ako systém kanálikov v obličkách stavovcov.
- ☐ Osmolarita tekutiny, ktorá vstupuje do metanefrídií dážďovky je podobná osmolarite finálneho moču, líši sa však ich zloženie.
- ☐ Štruktúra č. 8 obsahuje zmes odpadových produktov trávenia a odpadových produktov vylúčených Malpighiho žľazami.

III. Obličky cicavcov a ich fungovanie

Teraz sa bližšie pozrieme na fungovanie obličiek cicavcov, ktoré sa vyznačujú schopnosťou vytvárať moč s podstatne vyššou osmolaritou než je osmolarita krvnej plazmy, čo dosiahnu osmotickým rozčlenením obličkovej drene. Primárny moč má rovnakú osmolaritu ako je osmolarita krvnej plazmy, ako však postupne prechádza cez obličkovú dreň, dochádza k jeho zakoncentrovaniu (hodnoty v miliosm/l uvedené vnútri kanálikov). Ako vidíte na obrázku, kôra obličiek má všade rovnakú osmolaritu, avšak v dreni osmolarita stúpa smerom k stredu obličky. Tento gradient sa vytvára predovšetkým pôsobením vzostupného ramena Henleho kľúčky, ktoré je nepriepustné pre vodu, ale transportuje do medzibunkových priestorov množstvo soli. K tvorbe gradientu tiež výrazne prispieva tvar písmena U, ktorý vytvára tzv. protiprúdový výmenný systém. Čím dlhšia Henleho kľučka je, tým viac môže byť moč zakoncentrovaný. Púštne hlodavce, ktoré majú extrémne dlhé Henleho kľučky, nemusia vôbec piť a vytvárajú moč, ktorý má až 10x vyššiu osmolaritu ako ich krvná plazma.



Hodnoty osmolarity uvedené na obrázku sú typické priemerné hodnoty pre človeka. Určte na základe dát v obrázku, koľkokrát je v tomto príklade vyššia osmolarita definitívneho moču ako osmolarita krvnej plazmy. Výsledok uveďte ako celé číslo.

(Počet bodov: 2)

Označte na základe obrázku pravdivé tvrdenia.
(Počet bodov: 2)

- ☐ Červené šípky predstavujú na obrázku aktívny transport.
- ☐ Čierne šípky predstavujú na obrázku aktívny transport.
- ☐ Zloženie moču je rovnaké v kanáliku I. rádu a v kanáliku II. rádu.
- ☐ Krv, ktorá opúšťa glomerulus, vstrebáva vodu zo zostupného ramena Henleho kľúčky.
- ☐ Krv, ktorá opúšťa glomerulus, vstrebáva vodu zo vzostupného ramena Henleho kľúčky.

Niektoré liečivá inhibujú transport NaCl zo vzostupného ramena Henleho kľúčky do obličkovej drene. Cieľom podávania týchto liečiv je určitým spôsobom zmeniť množstvo vylučovaného moču a tým nepriamo aj pacientov krvný tlak. Aký účinok by ste očakávali?
(Počet bodov: 2)

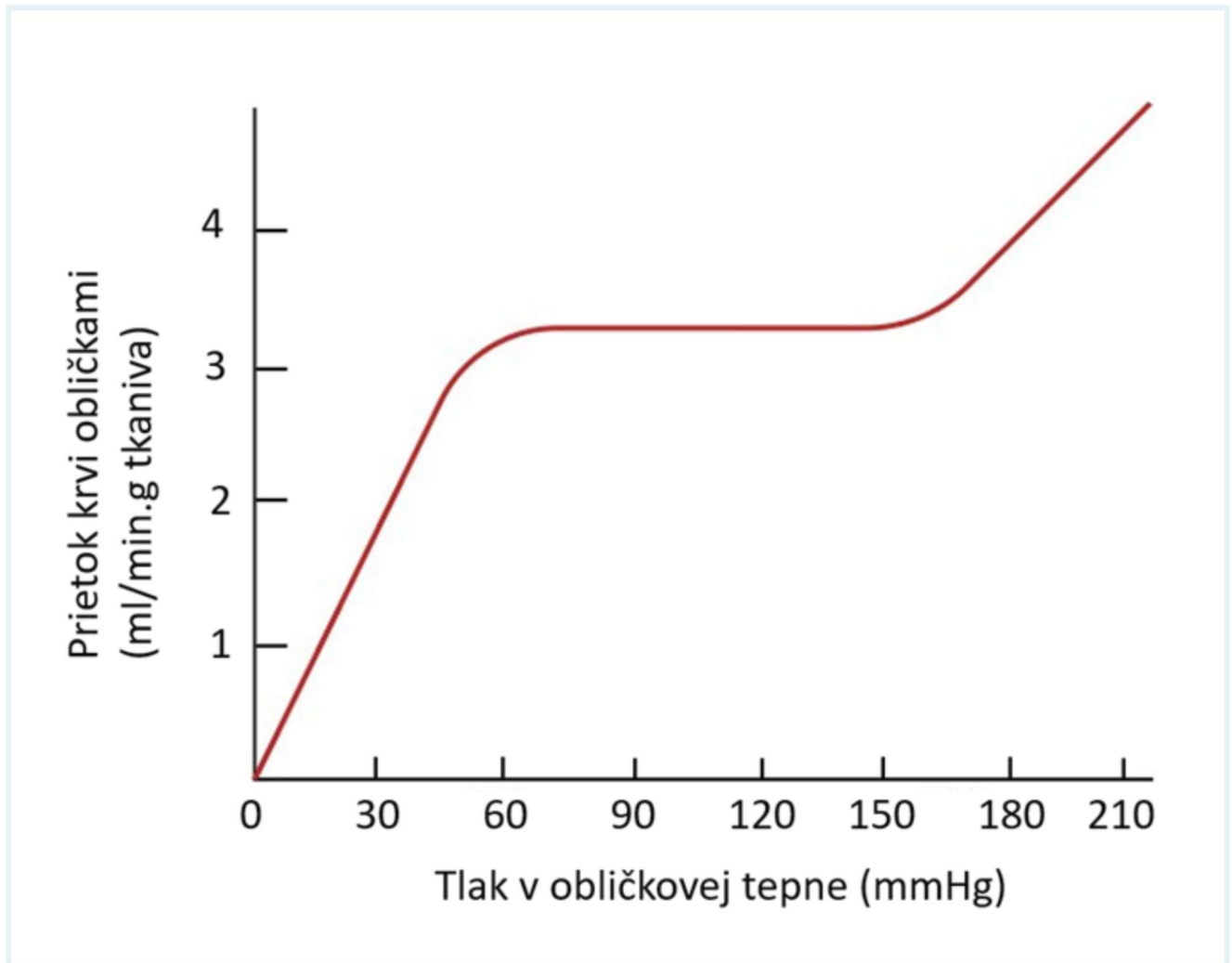
- ☐ Zvýšenie objemu vylučovaného moču a zvýšenie krvného tlaku.
- ☐ Zníženie objemu vylučovaného moču a zvýšenie krvného tlaku.
- ☐ Zvýšenie objemu vylučovaného moču a zníženie krvného tlaku.
- ☐ Zníženie objemu vylučovaného moču a zníženie krvného tlaku.

V obličkách cicavcov existujú dva typy nefrónov. tzv. juxtamedulárne, ktoré majú dlhé Henleho kľúčky a podobajú sa schéme na obrázku. Druhým typom nefrónov sú kortikálne nefróny, ktorých Henleho kľúčky sú veľmi krátke a takmer vôbec nezasahujú do obličkovej drene. Zvyšovaním, či znižovaním prietoku krvi v týchto dvoch druhoch nefrónov môžu organizmy ovplyvňovať zakoncentrovanie a množstvo moču. Extrémnym príkladom takéhoto prepínania sú netopiere živiace sa krvou (Desmodontidae). Počas jedného kŕmenia môže jedinec skonzumovať množstvo krvi, ktoré predstavuje 20 – 30 % jeho vlastnej hmotnosti, čo by mu však znemožňovalo odletieť. Preto jeho obličky veľmi rýchlo vyprodukovávajú veľké množstvo veľmi zriedeného moču, čo umožňuje zbaviť sa nadbytočnej vody. Ak by takéto rýchle vylučovanie vody pokračovalo aj po nakŕmení, netopier by sa veľmi rýchlo dehydratoval. Preto obličky opäť rýchlo prepnú na režim šetrenia vody. Jedna z hypotéz, ktorá sa pokúša vysvetliť fungovanie tejto adaptácie navrhuje, že jej podstatnou súčasťou sú práve zmeny prietoku krvi medzi juxtamedulárnymi a kortikálnymi nefrónmi. Čo by ste očakávali, ak je to pravda? (Počet bodov: 2)

- ☐ Počas kŕmenia je väčšina krvi filtrovaná v juxtamedulárnych nefrónoch a po kŕmení v kortikálnych.
- ☐ Počas kŕmenia je väčšina krvi filtrovaná v kortikálnych nefrónoch a po kŕmení v juxtamedulárnych.
- ☐ Počas kŕmenia aj po ňom je pomer objemov krvi filtrovanej v týchto dvoch druhoch nefrónov rovnaký.
- ☐ Počas kŕmenia aj po ňom je pomer objemov krvi v týchto dvoch druhov nefrónov rovnaký, avšak počas kŕmenia výrazne poklesne tlak v obličkovej tepne.

Pre správne fungovanie obličiek je dôležité udržiavať rýchlosť filtrácie v glomeruloch v určitom rozmedzí, prostredníctvom stáleho prietoku krvi, inak dôjde k zlyhaniu obličiek. Na zabezpečenie tohto fyziologického prietoku krvi majú obličky viacero mechanizmov, ktoré umožňujú udržiavať stabilný prietok pri pomerne širokom rozmedzí krvného tlaku. V grafe vidíte vzťah medzi tlakom krvi v obličkovej tepne a prietokom krvi obličkami. V akom rozmedzí krvného tlaku dokážu obličky zabezpečiť stabilný prietok?

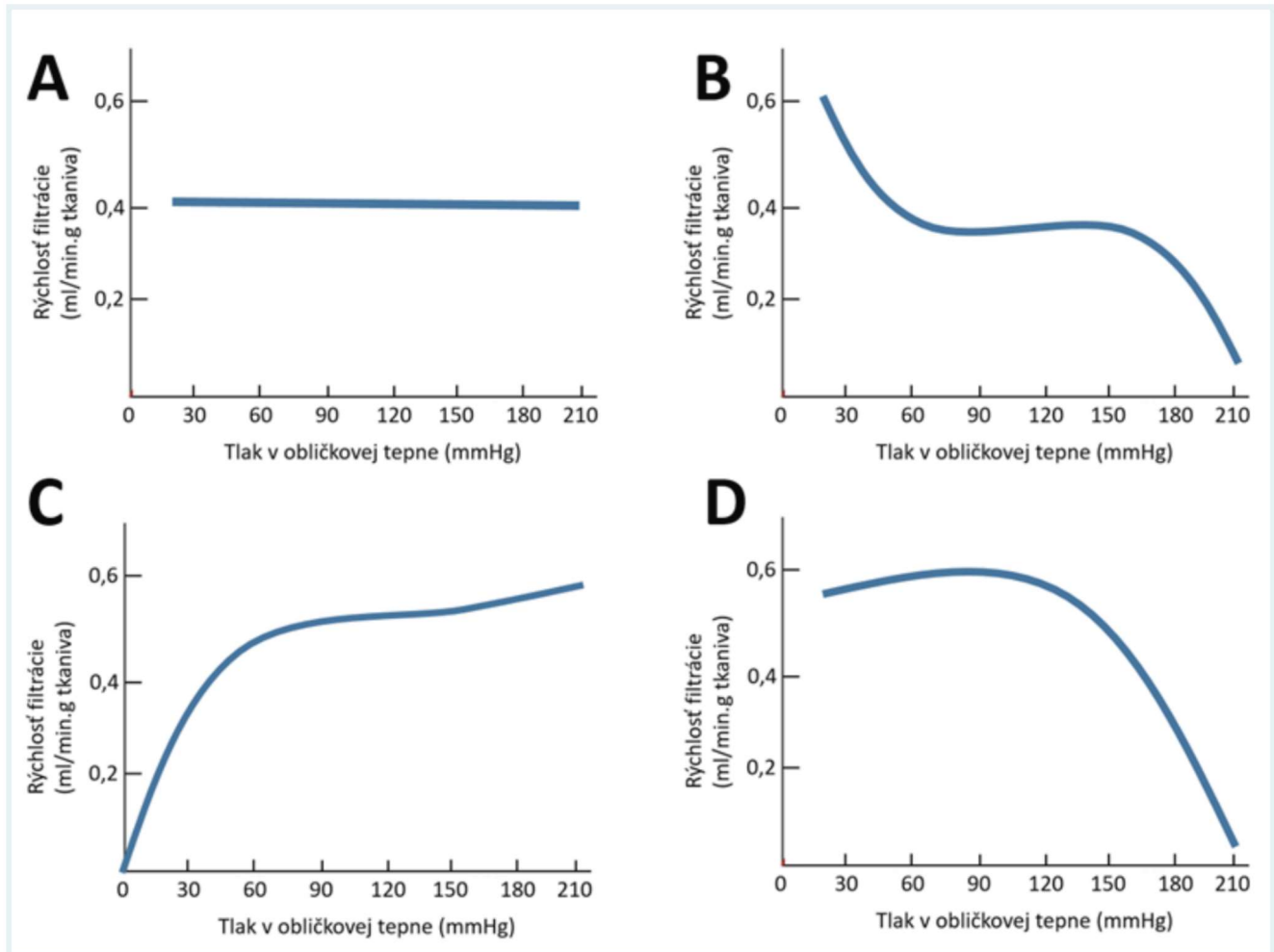
(1 bod)



- ☐ 0 – 60 mmHg
- ☐ 60 – 160 mmHg
- ☐ 150 – 180 mmHg
- ☐ 180 – 210 mmHg

Ak by sme zhotovili podobnú krivku závislosti od tlaku v obličkovej tepne, ako by podľa vás vyzerala pre rýchlosť filtrácie v glomeruloch? Vyberte jednu z kriviek, ktorá najlepšie vystihuje očakávané výsledky.

(Počet bodov: 2)

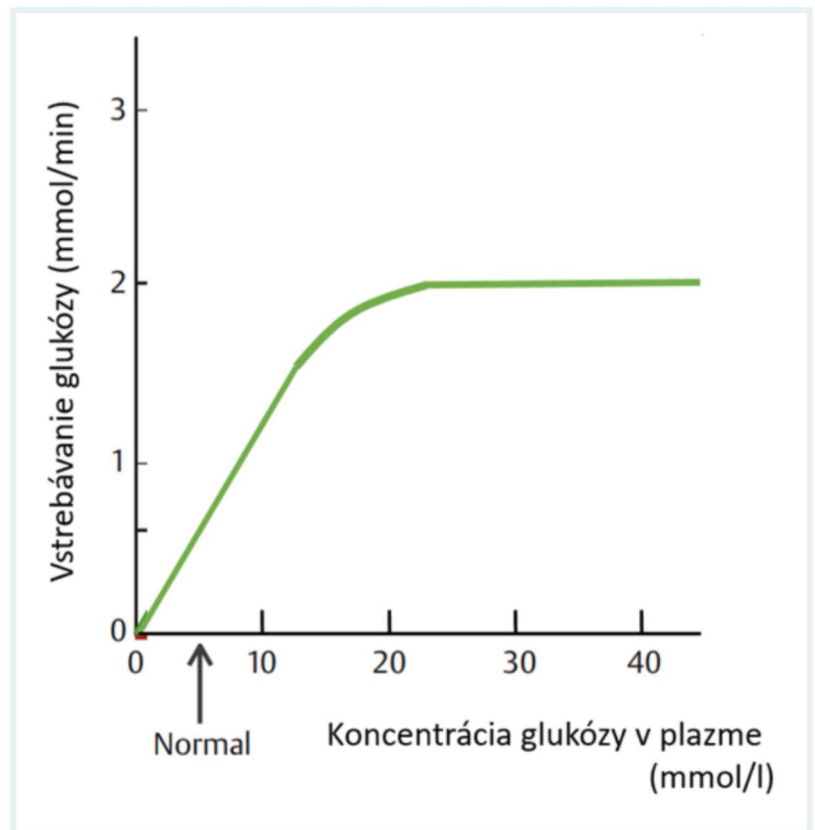


☐ A

☐ B

☐ C

☐ D



Ako už bolo spomenuté, systém kanálikov moč nielen zakoncentrováva, ale aj mení jeho zloženie prostredníctvom absorpcie alebo sekrécie rôznych látok. Jednou z takýchto látok je glukóza, ktorá sa u zdravého človeka prakticky úplne spätne vstrebáva. Pri príliš vysokých koncentráciách glukózy v plazme (napr. u diabetikov) však dochádza k preťaženiu systému spätného vstrebávania a nevstrebaná glukóza sa vylúči v definitívnom moči. Na grafe vidíte vzťah medzi rýchlosťou vstrebávania glukózy a jej koncentráciou v krvnej plazme. Aká je maximálna rýchlosť vstrebávania glukózy? Výsledok uveďte v mmol/min a zaokrúhlený na celé čísla.

(1 bod)

Aká bude rýchlosť vstrebávania glukózy u diabetika s koncentráciou glukózy v plazme 30 mmol/l? Výsledok uveďte v mmol/min a zaokrúhlený na celé čísla. (1 bod)

20

Koľko glukózy bude tento človek vylučovať v moči za minútu? Počítajte, že jeho obličky prefiltrujú 120 ml krvej plazmy za minútu a že koncentrácia glukózy v primárnom moči je rovnaká ako v plazme. Výsledok uveďte v mmol/min a zaokrúhlite na jedno desatinné miesto.

(Počet bodov: 2)

21

Koľko gramov glukózy vylúči tento človek v moči za hodinu? Molová hmotnosť glukózy je 180,16 g/mol. Výsledok zaokrúhlite na jedno desatinné miesto.

(Počet bodov: 2)

22

Poznámky k úlohe (nepovinné):

