

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE**  
**JESSENIOVA LEKÁRSKA FAKULTA V MARTINE**

## **FYZIOLÓGIA V KAZUISTIKÁCH**

Vysokoškolské skriptá

**Nikola Ferencová, Zuzana Višňovcová**

Martin, 2025

# **FYZIOLÓGIA V KAZUISTIKÁCH**

Vysokoškolské skriptá

Autorky: © MUDr. Nikola Ferencová, PhD.

© Ing. Zuzana Višňovcová, PhD.

Ústav fyziológie a Martinské centrum pre biomedicínu JLF UK

Recenzenti: prof. MUDr. Renáta Pěčová, PhD.

doc. MUDr. Tomáš Bolek, PhD.

Vydanie: prvé

Počet strán: 188

Text neprešiel jazykovou, gramatickou a štylistickou korektúrou.

Za odbornú a jazykovú stránku zodpovedajú autorky.

ISBN 978-80-8187-167-2      EAN 9788081871672

## Predhovor

*„Fyziológia je veda, ktorá nám vysvetľuje, ako to všetko v našom tele funguje, aj keď to tak zvyčajne nefunguje.“*

*Svatopluk Káš (lekár, humorista)*

S potešením Vám predstavujeme vysokoškolské skriptá **„Fyziológia v kazuistikách“**, ktoré tvoria **doplňkový výučbový materiál k povinnej študijnej literatúre „Lekárska fyziológia (Javorka a kol., 2021)“** a **„Návody k praktickým cvičeniam z fyziológie (Čalkovská a Javorka, 2020)“**. **Tvorili a hľadali sme reálne situácie z klinickej praxe, ktoré sme upravili do zjednodušených kazuistík.** Skriptá obsahujú sedem kapitol zaujímavých kazuistík z fyziológie krvi, fyziológie svalstva a kostrového systému, fyziológie nervového a endokrinného systému, fyziológie obličiek a vývodných močových ciest, fyziológie tráviaceho systému, fyziológie kardiovaskulárneho systému a fyziológie respiračného systému. Každá kapitola pozostáva z desiatich kazuistík. Všetky kazuistiky sú ukončené kontrolnou otázkou a možnosťou výberu odpovedí, kde si čitatelia môžu otestovať svoje nadobudnuté vedomosti z lekárskej fyziológie. Následne sú pri každej kazuistike vyznačené správne aj nesprávne odpovede s krátkym vysvetlením. **Skriptá pri niektorých kazuistikách obsahujú „klinické okienka“ s praktickým vysvetlením využitia poznatkov z lekárskej fyziológie v klinickej praxi.**

Skriptá sú určené predovšetkým študentom všeobecného lekárstva, ale aj iných príbuzných študijných odborov. **Poskytujú možnosť overiť si, či študenti dokážu získané teoretické vedomosti využiť pri riešení konkrétnych jednoduchých klinických kazuistík, prispôbených vedomostiam študentov na úrovni druhého ročníka pregraduálneho štúdia všeobecného lekárstva, ktorí doposiaľ nemajú skúsenosti z klinickej praxe.**

Veríme, že tieto vysokoškolské skriptá pomôžu študentom pochopiť dôležitosť poznania fyziologických procesov prebiehajúcich v organizme a následne aplikovať nadobudnuté vedomosti nielen v ďalšom predklinickom štúdiu, ale predovšetkým v medicínskej praxi.

Autorky

## **Pod'akovanie**

Touto cestou v prvom rade veľmi pekne ďakujeme prof. MUDr. Ingrid Tonhajzerovej, PhD. za jej výnimočné odborné vedenie a inšpiráciu k písaniu týchto skrípt.

Pod'akovanie rovnako patrí vedúcej Ústavu fyziológie prof. MUDr. Andrei Čalkovskej, DrSc. za vytvorenie priestoru pre našu pedagogickú a vedecko-výskumnú činnosť.

A v neposlednom rade ďakujeme našim rodinám.

Práca bola podporená grantom agentúry VEGA č. 1/0048/24.

# OBSAH

<b>Predhovor .....</b>	<b>3</b>
<b>Pod'akovanie .....</b>	<b>4</b>
<b>1. FYZIOLOGIA KRVÍ – KAZUISTIKY .....</b>	<b>10</b>
KLINICKÉ OKIENKO – ZÁKLADNÝ KRVNÝ OBRAZ A ANÉMIA .....	16
KLINICKÉ OKIENKO – ÚLOHA SODÍKA, DRASLÍKA A CHLORIDOV V ORGANIZME	23
<b>2. FYZIOLOGIA SVALSTVA A KOSTROVÉHO SYSTÉMU – KAZUISTIKY .....</b>	<b>35</b>
KLINICKÉ OKIENKO – NERVOVOSVALOVÁ PLATNIČKA A OCHORENIE MYASTÉNIA GRAVIS .....	41
KLINICKÉ OKIENKO – MALÍGNA HYPERTERMIA .....	46
<b>3. FYZIOLOGIA NERVOVÉHO A ENDOKRINNÉHO SYSTÉMU – KAZUISTIKY .....</b>	<b>56</b>
KLINICKÉ OKIENKO – VYŠETROVACIE METÓDY PRE HODNOTENIE FUNKCIE MOZOČKA .....	61
KLINICKÉ OKIENKO – HYPOTYREÓZA A HYPERTYREÓZA .....	71
<b>4. FYZIOLOGIA OBLIČIEK A VÝVODNÝCH MOČOVÝCH CIEST – KAZUISTIKY .....</b>	<b>82</b>
KLINICKÉ OKIENKO – VYUŽITIE DIAGNOSTICKÝCH PRÚŽKOV .....	86
KLINICKÉ OKIENKO – HYPERKALIÉMIA, HYPOKALIÉMIA A EKG .....	99
KLINICKÉ OKIENKO - PRIMÁRNY HYPERALDOSTERONIZMUS V TIENI HYPERTENZIE .....	107
<b>5. FYZIOLOGIA TRÁVIACEHO SYSTÉMU – KAZUISTIKY .....</b>	<b>109</b>
KLINICKÉ OKIENKO – GASTROEZOFAGEÁLNA REFLUXOVÁ CHOROBA .....	114
KLINICKÉ OKIENKO – XEROSTÓMIA .....	118
KLINICKÉ OKIENKO – CELIAKIA .....	126

<b>6. FYZIOLOGIA KARDIOVASKULÁRNEHO SYSTÉMU</b>	<b>–</b>
<b>KAZUISTIKY .....</b>	<b>130</b>
KLINICKÉ OKIENKO – ROZLIŠENIE STEMI vs NSTEMI NA EKG KRIVKE.....	142
KLINICKÉ OKIENKO – SRDCOVÉ OZVY ZA FYZIOLOGICKÝCH A PATOLOGICKÝCH OKOLNOSTÍ .....	146
<b>7. FYZIOLOGIA RESPIRAČNÉHO SYSTÉMU – KAZUISTIKY .....</b>	<b>154</b>
KLINICKÉ OKIENKO – UMELÁ PĽÚCNA VENTILÁCIA.....	163
KLINICKÉ OKIENKO – SPIROMETRIA .....	165
KLINICKÉ OKIENKO – DEKOMPRESNÁ CHOROBA.....	178
<b>Literatúra .....</b>	<b>184</b>

## Zoznam obrázkov a tabuliek

Obr. č. 1. Funkcia erytrocytov pri prenose kyslíka v organizme .....	12
Obr. č. 2. Zloženie molekuly hemoglobínu.....	13
Obr. č. 3. Červené krvinky za fyziologických podmienok a pri mikrocytovej anémii .....	15
Obr. č. 4. Typy granulocytov .....	18
Obr. č. 5. Zloženie bazofilného granulocytu .....	20
Obr. č. 6. Rozdelenie súčastí krvi po centrifugácii .....	22
Obr. č. 7. pH krvi.....	26
Obr. č. 8. Proces krvotvorby a vývojové rady jednotlivých krvných buniek.....	29
Obr. č. 9. Mechanizmus pôsobenia heparínu .....	31
Obr. č. 10. Inkompatibilita Rh krvného systému matky a Rh krvného systému plodu.....	33
Obr. č. 11. Nervovosvalová platnička za fyziologických okolností a pri myasténii gravis .....	42
Obr. č. 12. Kľúčová úloha ryanodínového receptora 1 pri uvoľňovaní vápnikových iónov zo sarkoplazmatického retikula.....	45
Obr. č. 13. Príklady príznakov deficitu horčíka v organizme. ....	47
Obr. č. 14. Plochá kosť .....	52
Obr. č. 15. Potraviny bohaté na vápnik .....	54
Obr. č. 16. Hipokampus .....	57
Obr. č. 17. Mozoček a vybrané príznaky paleocerebelárneho a neocerebelárneho syndrómu .....	60
Obr. č. 18. Testy používané pri vyšetrení funkcií mozoka.....	62
Obr. č. 19. Základné príznaky vyskytujúce sa pri Gerstmannovom syndróme.....	63
Obr. č. 20. Schematické znázornenie úlohy vágového nervu v organizme.....	66
Obr. č. 21. Metódy stimulácie vágového nervu používané v klinickej praxi.....	67
Obr. č. 22. Štítna žľaza a tvorba hormónov štítnej žľazy.....	70
Obr. č. 23. Zmeny v hladine hormónov vzhľadom na vybrané ochorenia štítnej žľazy .....	71
Obr. č. 24. Kôra a dreň nadobličky .....	73
Obr. č. 25. Umiestnenie hypofýzy v mozgu.....	75
Obr. č. 26. Pôsobenie rastového faktora podobného inzulínu na rôzne tkanivá ľudského tela .....	77
Obr. č. 27. Stresová reakcia pozostávajúca z aktivácie sympatoko-adreno-medulárneho systému a osi hypotalamus-hypofýza-nadobličky.....	80
Obr. č. 28. Percentuálne zastúpenie fyziologických súčastí v moči.....	85
Obr. č. 29. Diagnostické prúžky na testovanie moču .....	86

Obr. č. 30. Vzťah medzi glomerulárnou filtráciou glukózy pri fyziologickej glomerulárnej filtrácii .....	94
Obr. č. 31. Procesy fyziologickej funkcie obličiek .....	96
Obr. č. 32. EKG obraz pri hyperkaliémii .....	100
Obr. č. 33. EKG obraz pri hypokaliémii .....	100
Obr. č. 34. Antidiuretický hormón a jeho úlohu pri udržiavaní osmolality krvi.....	103
Obr. č. 35. Systém renín-angiotenzín-aldosterón a jeho funkciu pri regulácii tlaku krvi .....	106
Obr. č. 36. Nadoblička za fyziologických a patologických okolností.....	107
Obr. č. 37. Umiestnenie párových veľkých slinných žliaz.....	111
Obr. č. 38. Uzavretie dolného pažerákového zvierača za fyziologických okolností a nedostatočné uzavretie dolného pažerákového zvierača pri GERD.....	114
Obr. č. 39. Časti žalúdka. ....	115
Obr. č. 40. Vybrané príznaky xerostómie. ....	119
Obr. č. 41. Typy buniek v žliazkach jednotlivých častí žalúdka.....	120
Obr. č. 42. Anatómia steny gastrointestinálneho traktu .....	122
Obr. č. 43. Resorpcia cukrov v tenkom čreve. ....	125
Obr. č. 44. Klky tenkého čreva u zdravého človeka a u celiakia .....	126
Obr. č. 45. Interkalárne disky medzi kardiomyocytmi.....	131
Obr. č. 46. Prietok krvi v srdci .....	134
Obr. č. 47. Ortostatický test.....	137
Obr. č. 48. Akčný potenciál prevodového systému – sinoatriálneho uzla .....	139
Obr. č. 49. EKG krivka šírenia impulzu v srdci .....	141
Obr. č. 50. EKG krivka za fyziologických okolností, pri STEMI a NSTEMI.....	142
Obr. č. 51. Uzatváranie átrioventrikulárnych chlopní a otváranie semilunárnych chlopní počas systoly komôr .....	143
Obr. č. 52. Fonokardioram za fyziologických okolností a počas mitrálnej regurgitácie .....	145
Obr. č. 53. Oblasti hrudníka s najvýraznejšie počuteľnými srdcovými ozvami pri auskultácii srdca .....	147
Obr. č. 54. Krivky demonštrujúce Frank-Starlingov mechanizmus.....	148
Obr. č. 55. Laminárne a turbulentné prúdenie v cieve .....	151
Obr. č. 56. Meranie tlaku krvi prostredníctvom auskultačnej metódy na základe Korotkovových fenoménov .....	152
Obr. č. 57. Hrtan a miesto kde sa vykonáva koniotómia .....	155
Obr. č. 58. Poruchy acidobázickej rovnováhy .....	157



Obr. č. 59. Medzirebrové svaly a bránicu počas nádychu a výdychu pri pokojnom dýchaní.	159
Obr. č. 60. Mechanizmy inšpiria a expíria.....	161
Obr. č. 61. Schematický diagram ventilátora a okruhu ventilátora.....	163
Obr. č. 62. Princíp snímania dychových objemov a kapacít pomocou spirometrie.....	164
Obr. č. 63. Krivka hodnotiaca pľúcne objemy a kapacity v čase.....	165
Obr. č. 64. Krivka rozpísaného úsilného výdychu za fyziologických a patologických okolností .....	167
Obr. č. 65. Nosové mušle v nosovej dutine.....	172
Obr. č. 66. Alergická rinitída.....	175
Obr. č. 67. Patofyziológia dekompresnej choroby.....	179
Obr. č. 68. Fyziologicky rozvinuté a kolabované alveoly u novorodenca.....	182
 Tab. č. 1. Charakteristika <i>nervus facialis</i> .....	68
Tab. č. 2. Hlavné rozdiely a základné príčiny a symptómy pri hypotyreóze a hypertyreóze. .	72
Tab. č. 3. Statické a dynamické ventilačné parametre u dospelého človeka.....	166
Tab. č. 4. Fyziologický priebeh a vybrané patologické priebehy krivky objem-prietok. ....	167

## 1. FYZIOLÓGIA KRVI – KAZUISTIKY

**Kazuistika č. 1**

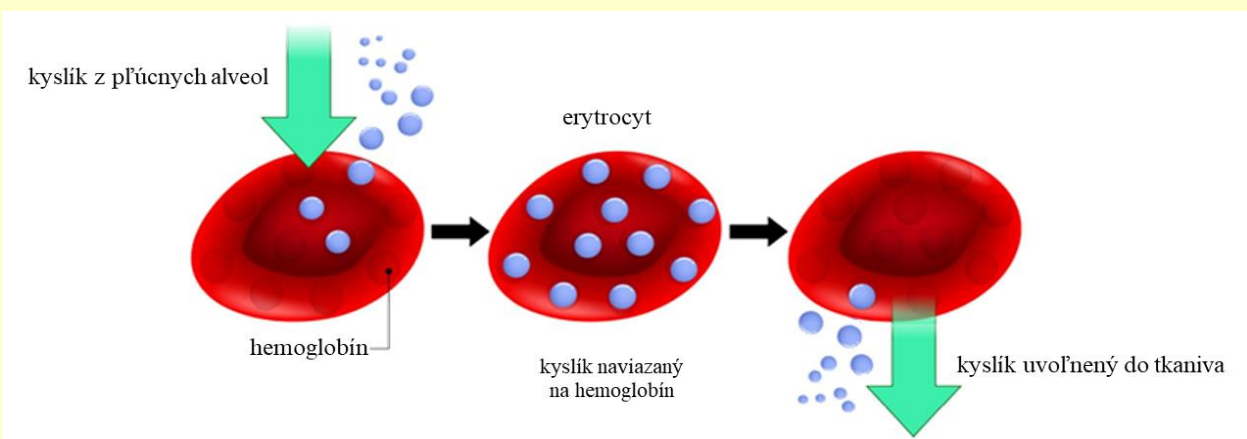
Štyridsaťpäťročný maratónsky bežec prichádza do ambulancie k svojej všeobecnej lekárke na preventívnu prehliadku pred účasťou na nadchádzajúcom bežeckom podujatí. Momentálne neudáva žiadne ťažkosti ani prekonané ochorenia v poslednom období. Lekárka dá vyšetriť krvný obraz, aby sa uistila, že neexistujú žiadne okolnosti, ktoré by mohli ovplyvniť zdravie pacienta počas bežeckého podujatia. Výsledky krvného obrazu ukazujú, že vo vzorke krvi pacienta boli vo zvýšenej miere prítomné krvné bunky, ktoré sú známe svojou životne dôležitou úlohou pri transporte kyslíka v tele. Na základe týchto informácií, ktorý z nasledujúcich typov buniek prevláda vo vzorke krvi maratónca?

- A. Mladé červené krvinky (Retikulyocyty)
- B. Biele krvinky (Leukocyty)
- C. Červené krvinky (Erytrocyty)
- D. Krvné doštičky (Trombocyty)

**SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:**

**C. Červené krvinky (Erytrocyty)**

Erytrocyty alebo červené krvinky sú najbežnejším typom buniek medzi krvnými elementami a sú nevyhnutnými pre transport kyslíka z pľúc do tkanív. Obsahujú hemoglobín, molekulu, ktorá viaže kyslík a je rozhodujúca pre aeróbne dýchanie v tkanivách, vďaka čomu sú primárnym bunkovým typom zapojeným do transportu kyslíka. Erytrocyty sa vyznačujú jedinečným bikonkávnym tvarom, ktorý zväčšuje povrch bunky. Poskytuje to väčšiu kapacitu pre výmenu plynov, ktorá je dôležitá pre transport kyslíka v organizme.



**Obr. č. 1. Funkcia erytrocytov pri prenose kyslíka v organizme** (upravené podľa <https://www.istockphoto.com/search/2/image-film?phrase=red+blood+cell+oxygen>). Základnú zložku erytrocytu predstavuje červené krvné farbivo hemoglobín, ktoré je schopné viazať kyslík. Jeden erytrocyt obsahuje približne 32 pikogramov hemoglobínu, pričom jedna molekula hemoglobínu je schopná prenášať štyri molekuly kyslíka. Po naviazaní kyslíka na molekulu hemoglobínu vzniká tzv. oxygenovaný hemoglobín a po odovzdaní kyslíka tkanivám vzniká deoxygenovaný hemoglobín.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Mladé červené krvinky (Retikulocyty)**

Retikulocyty predstavujú nezrelú formu erytrocytov (červených krviniek). Po vyplavení z kostnej drene približne 2 dni cirkulujú v periférnej krvi a následne vyzrievajú na erytrocyty.

**B. Biele krvinky (Leukocyty)**

Leukocyty alebo biele krvinky sa podieľajú na imunitnej odpovedi a obrane organizmu pred infekciami. Nezohrávajú žiadnu úlohu pri prenose kyslíka.

**D. Krvné doštičky (Trombocyty)**

Trombocyty alebo krvné doštičky sa podieľajú na hemostáze (zastavení krvácania) v mieste poranenia cievy. Nezohrávajú úlohu pri prenose kyslíka.

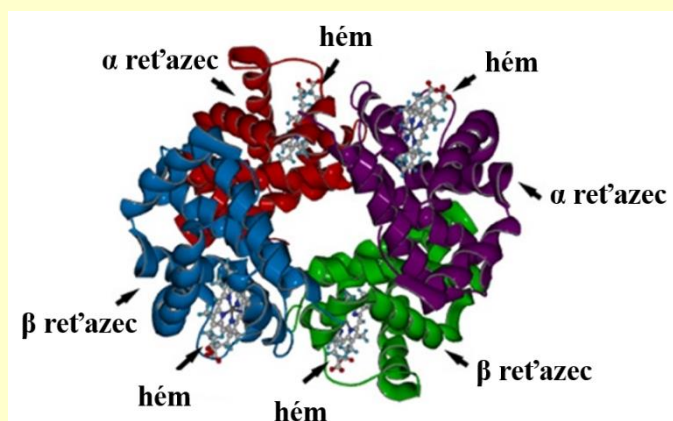
**Kazuistika č. 2**

Počas kontroly v rámci tehotenskej poradne udáva dvadsaťosemročná primigravida (žena počas jej prvého tehotenstva) zvýšenú únavu a dýchavičnosť (dyspnoe). Lekár sa rozhodne skontrolovať hladinu hemoglobínu, aby sa uistil, či je zabezpečený adekvátny transport kyslíka k jednotlivým tkanivám matky aj plodu. Súčasne pacientku informuje o prvoradej úlohe hemoglobínu práve pri transporte kyslíka v organizme. V tejto súvislosti, ktoré z nasledujúcich tvrdení o hemoglobíne je správne?

- A. Hemoglobín obsahuje jeden atóm železa.
- B. Hemoglobín obsahuje dve molekuly globínu.
- C. Hemoglobín pozostáva zo štyroch proteínových reťazcov a štyroch hémových skupín.
- D. Hemoglobín môže transportovať len 1 molekulu kyslíka.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****C. Hemoglobín pozostáva zo štyroch proteínových reťazcov a štyroch hémových skupín.**

Každá molekula hemoglobínu pozostáva zo štyroch globínových proteínových reťazcov a každý z týchto reťazcov je spojený s hémovou skupinou. Atóm železa prítomný v každej hémovej skupine umožňuje väzbu molekuly kyslíka, čím hrá kľúčovú úlohu pri transporte kyslíka.



**Obr. č. 2. Zloženie molekuly hemoglobínu** (upravené podľa [https://poolsoftgin.info/?utm\\_campaign=y0rsMyowMImIDv9DTSX69oig88PrjKrJ9agQ3DpV-9I1&t=prim4](https://poolsoftgin.info/?utm_campaign=y0rsMyowMImIDv9DTSX69oig88PrjKrJ9agQ3DpV-9I1&t=prim4)). Hemoglobín, červené krvné farbivo, je zložený zo štyroch reťazcov a zo štyroch jednotiek hému, pričom každý hém je zložený z porfyrínu a železa.

## NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Hemoglobín obsahuje jeden atóm železa.**

Molekula hemoglobínu obsahuje štyri atómy železa. Každý atóm železa je v rámci jednej hémovej skupiny.

**B. Hemoglobín obsahuje dve molekuly globínového proteínu.**

Molekula hemoglobínu sa skladá zo štyroch molekúl globínového proteínu tvoriacich tetramér. Každá molekula globínu je spojená s hémovou skupinou.

**D. Hemoglobín môže transportovať len 1 molekulu kyslíka.**

Každá molekula hemoglobínu môže transportovať 4 molekuly kyslíka, jednu pre každý atóm železa prítomný v hémových skupinách.

**Kazuistika č. 3**

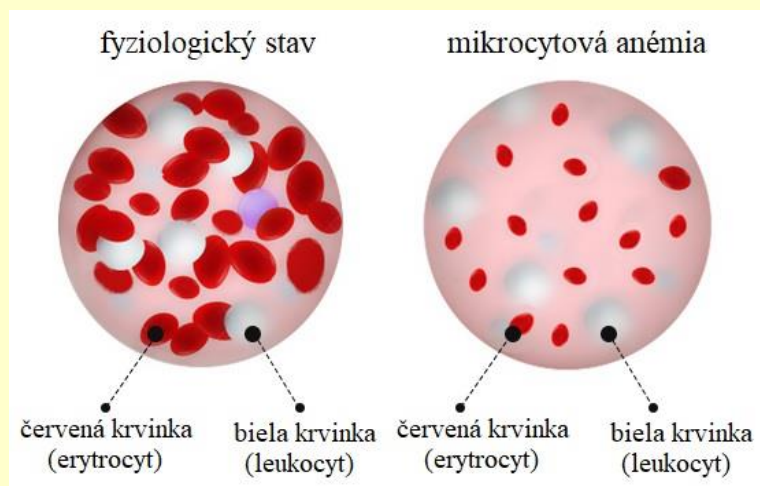
Štyridsaťdvaročná pacientka prichádza k svojej všeobecnej lekárke s dvojtyždňovou anamnézou únavy a dyspnoe, ktorá je zvýraznená pri námahe. Lekárka pri vyšetrení pozoruje bledé očné spojovky i nechtové lôžka. Pre podozrenie na anémiu (chudokrvnosť) je pacientke odobratá krv na vyšetrenie krvného obrazu. Výsledky poukazujú na znížený počet erytrocytov, nízku koncentráciu hemoglobínu a znížený stredný objem erytrocytov (*mean corpuscular volume* - MCV). O aký typ anémie ide a čo môže byť jednou z jej hlavných príčin?

- A. Mikrocytová anémia, nedostatok železa
- B. Makrocytová anémia, nedostatok vitamínu B12
- C. Normocytová anémia, akútne krvácanie
- D. Aplastická anémia, porucha funkcie kmeňovej bunky

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****A. Mikrocytová anémia, nedostatok železa**

Pri mikrocytovej anémii sú erytrocyty menšie ako normálne, t. j. veľkosť erytrocytov  $< 6,7 \mu\text{m}$  a MCV  $< 80 \text{ fl}$  (femtolitrov,  $10^{-15} \text{ l}$ ). Hlavnými príčinami tohto typu anémie sú nedostatok

železa, talasémia (dedičná porucha pri tvorbe hemoglobínu) alebo rôzne chronické ochorenia.



**Obr. č. 3. Červené krvinky za fyziologických podmienok (naľavo) a pri mikrocytovej anémii (napravo) (upravené podľa Badireddy a Baradhi 2024).**

## NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Makrocytová anémia, nedostatok vitamínu B12**

Pri makrocytovej anémii sú erytrocyty väčšie ako normálne, t.j.  $> 9 \mu\text{m}$  a  $\text{MCV} > 100 \text{ fl}$ . Hlavné príčiny tohto typu anémie sú nedostatok vitamínu B12, nedostatok kyseliny listovej, ako i ochorenia spojené s poruchou krvotvorby.

**C. Normocytová anémia, akútne alebo chronické krvácanie**

Pri normocytovej anémii majú erytrocyty normálnu veľkosť a  $\text{MCV}$ , t.j. veľkosť erytrocytov =  $7,2 \pm 0,5 \mu\text{m}$  a  $\text{MCV} = 85 \pm 10 \text{ fl}$ . Príčinami tohto typu anémie sú akútne krvácanie, ochorenia spojené s rozpadom erytrocytov, nádorové ochorenia a iné chronické ochorenia.

**D. Aplastická anémia, porucha funkcie kmeňovej bunky**

Aplastická anémia je charakterizovaná cytopéniou v periférnej krvi, to znamená, že okrem anémie môže byť prítomná aj leukopénia a trombocytopénia. Príčinou je porucha normálnej funkcie kmeňovej bunky.

**KLINICKÉ OKIENKO – ZÁKLADNÝ KRVNÝ OBRAZ A ANÉMIA**

Anémia ako patologický stav definovaný zníženou hodnotou hemoglobínu pod fyziologickú hranicu pre dané pohlavie a vek predstavuje jeden z najčastejšie sa vyskytujúcich chorobných stavov. Anémia môžeme deliť z morfológického a etiopatogenetického hľadiska. Morfológické delenie poskytuje praktické a výhodné hľadisko v úvode diferenciálno-diagnostického prístupu k anemickému pacientovi. Na základe rýchlo získaných výsledkov z automatických hematologických analyzátorov vieme anémiu charakterizovať:

1) na základe stredného objemu erytrocytov (MCV), ktorý nám podáva informáciu o veľkosti červených krviniek, na mikrocytovú, normocytovú, alebo makrocytovú. **Mikrocytová anémia** (hemoglobín a  $\text{MCV}$  sú znížené pod fyziologickú hranicu, červené krvinky sú malé) je najčastejšie spojená s nedostatkom železa (sideropenická anémia). **Normocytová anémia** (hemoglobín je znížený pod fyziologickú hranicu,  $\text{MCV}$  je v norme, červené krvinky majú normálnu veľkosť) býva väčšinou spojená s akútnym krvácaním (akútna posthemoragická anémia). **Makrocytová anémia** (hemoglobín je znížený pod fyziologickú hranicu,  $\text{MCV}$  je zvýšené nad fyziologickú hranicu, červené krvinky sú veľké) je typicky spojená s nedostatkom vitamínu B12.



2) na základe stredného obsahu hemoglobínu v erythrocyte (*mean corpuscular hemoglobin* - MCH) na **hypochrómnu**, **normochrómnu** a **hyperchrómnu** anémiu.

3) na základe distribučnej šírky erythrocytov (*red cell distribution width* - RDW), ktorá vyjadruje rozdiel vo veľkosti erythrocytov, na anémiu **bez anizocytózy** a anémiu **s anizocytózou**. Zvýšené hodnoty RDW nad fyziologickú hranicu charakterizujú väčšiu populáciu erythrocytov rôznej veľkosti od malých červených krviniek (mikrocytov) po veľké červené krvinky (makrocyty). Tento stav, kedy sú v krvi prítomné erythrocyty rôznej veľkosti označujeme ako anizocytóza. Fyziologická hodnota RDW poukazuje na erythrocyty takmer homogénnej veľkosti (izocytóza).

**Kazuistika č. 4**

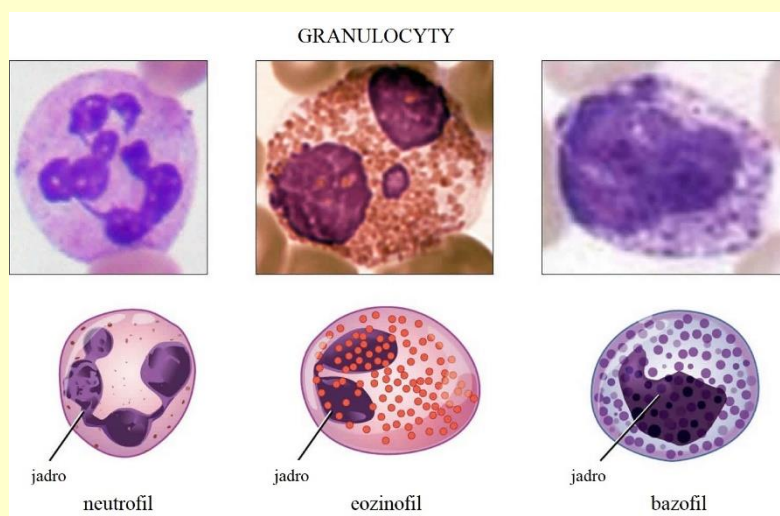
Šesťdesiatpäťročný muž s anamnézou chronickej obštrukčnej choroby pľúc prichádza na pohotovosť so zvýšenou dýchavičnosťou, produktívnym kašľom a horúčkou. Klinické príznaky naznačujú prítomnosť respiračnej infekcie. Na vyhodnotenie rozsahu infekcie a zápalovej odpovede bol vyšetrený kompletný krvný obraz pacienta. Laboratórne výsledky poukazujú na výrazné zvýšenie počtu leukocytov. Ošetrojúci lekár vysvetľuje rodine pacienta základné delenie leukocytov na granulocyty a agranulocyty a ich funkciu v organizme. Ktorá z nasledujúcich možností správne identifikuje leukocyty, ktoré patria do skupiny granulocytov?

- A. Neutrofily, monocyty, makrofágy
- B. Monocyty, makrofágy, lymfocyty
- C. Neutrofily, bazofily, eozinofily
- D. Monocyty, lymfocyty, NK-bunky

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**C. Neutrofily, bazofily, eozinofily**

Neutrofily, bazofily a eozinofily patria medzi granulocyty. V cytoplazme obsahujú granuly naplnené enzýmami, ktoré sú potrebné pre trávenie inváznych patogénov. Neutrofily sú najpočetnejšie granulocyty a sú nevyhnutné pre fagocytózu. Bazofily zohrávajú dôležitú úlohu pri alergických reakciách a zápaloch, pretože uvoľňujú histamín a iné zápalové mediátory. Eozinofily zohrávajú úlohu pri alergických reakciách a parazitárnych infekciách.



**Obr. č. 4. Typy granulocytov**  
(upravené podľa Badireddy a Baradhi 2024).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Neutrofily, monocyty, makrofágy**

Hoci neutrofily patria medzi granulocyty, monocyty sú leukocyty, ktoré patria do skupiny agranulocytov a predstavujú prekursorové bunky makrofágov.

**B. Monocyty, makrofágy, lymfocyty**

Monocyty a lymfocyty patria medzi agranulocyty. Z monocytov sa po prechode do tkanív diferencujú makrofágy.

**D. Monocyty, lymfocyty, NK-bunky**

Monocyty a lymfocyty sú leukocyty patriace do skupiny agranulocytov. NK-bunky predstavujú jeden z podtypov lymfocytov.

**Kazuistika č. 5**

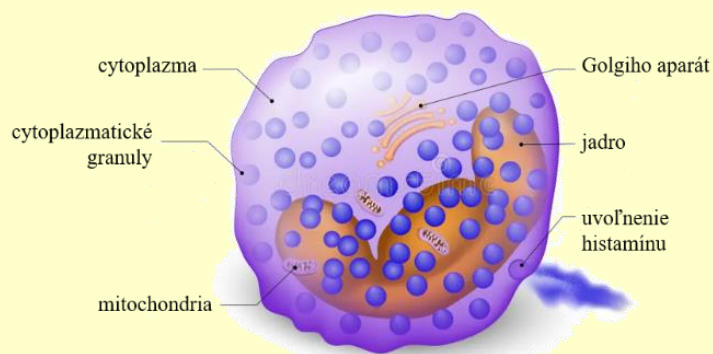
Tridsaťročná žena prichádza k svojmu všeobecnému lekárovi na rutinné vyšetrenie v rámci preventívnej prehliadky. Vyvážene sa stravuje a pravidelne cvičí, je bez výraznejších zdravotných ťažkostí. Počas kontroly výsledkov krvných testov sa zaujíma o pochopenie funkcií rôznych typov leukocytov, pretože nedávno čítala článok o dôležitosti správneho fungovania imunitného systému. Lekár poskytne žene stručný prehľad leukocytov a podrobne vysvetľuje ich úlohu vo fyziológii imunitného systému. Ktorý z nasledujúcich typov leukocytov nie je správne priradený ku svojej funkcii?

- A. Z monocytov sa po prechode do tkanív stávajú makrofágy.
- B. Lymfocyty predstavujú životne dôležité bunky v imunitnej odpovedi.
- C. Bazofily produkujú protilátky.
- D. Neutrofily fagocytujú mikroorganizmy a iné cudzorodé častice.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**C. Bazofily produkujú protilátky.**

Bazofily neprodukujú protilátky, ale zohrávajú dôležitú úlohu pri alergických reakciách a zápaloch, pretože uvoľňujú histamín a iné zápalové mediátory.



**Obr. č. 5. Zloženie bazofilného granulocytu** (upravené podľa

<https://my.clevelandclinic.org/health/body/23256-basophils>). Bazofily obsahujú v cytoplazmatických granulách heparín a histamín, pričom obsah svojich granúl uvoľňujú predovšetkým v tkanivách postihnutých zápalovým procesom.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:**

**A. Z monocytov sa po prechode do tkanív stávajú makrofágy.**

Monocyty sú prekursorové bunky makrofágov, ktoré sú kľúčové pre fagocytózu.

**B. Lymfocyty predstavujú životne dôležité bunky v imunitnej odpovedi.**

Lymfocyty sú kľúčové bunky imunitného systému, ktoré sa primárne podieľajú na adaptívnej imunitnej odpovedi. Pozostávajú z T-lymfocytov, ktoré sú zodpovedné za špecifickú bunkovú imunitnú odpoveď, B-lymfocytov, ktoré zodpovedajú za protilátkovú imunitu a NK-buniek, ktoré zohrávajú úlohu pri prirodzenej obrane proti nádorovo transformovaným bunkám i bunkám, ktoré sú infiltrované intracelulárnymi patogénmi.

**D. Neutrofily fagocytujú (pohlcujú) mikroorganizmy a iné cudzorodé častice.**

Neutrofily sú fagocytárne bunky, ktoré sú kľúčovou súčasťou vrodenej imunitnej obranyschopnosti organizmu.

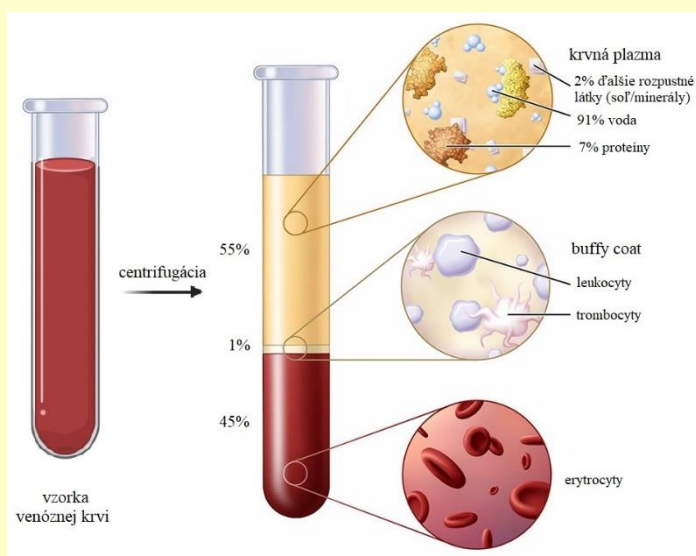
**Kazuistika č. 6**

Šesťdesiatosemročný pacient s diabetes mellitus (cukrovka) 2. typu a hypertenziou (vysoký krvný tlak) prichádza na pohotovosť s dvojdňovou anamnézou vracania a hnačiek. Počas vyšetrenia je pacient malátny, má suché sliznice, vpadnuté oči a slabý turgor (stav napätia) kože. Lekár má podozrenie na ťažkú dehydratáciu a rozhodne sa vyšetriť komplexný panel na posúdenie hladín elektrolytov a funkcie obličiek pre lepšie pochopenie (ne)rovnováhy tekutín. Lekár požiada študenta medicíny, ktorý ho sprevádza, aby pomenoval hlavnú zložku krvnej plazmy, ktorá je rozhodujúca pre udržanie fyziologického objemu krvi a rovnováhy tekutín. O akú zložku krvnej plazmy ide?

- A. Plyny
- B. Ióny
- C. Proteíny
- D. Voda

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****D. Voda**

Voda je hlavnou zložkou krvnej plazmy, ktorá tvorí asi 90 – 92% jej objemu. Hrá kľúčovú úlohu pri udržiavaní objemu krvi a rovnováhy tekutín. Stav hydratácie organizmu priamo ovplyvňuje objem krvi a následne aj krvný tlak. V danej kazuistike predstavuje zhodnotenie vyšetreného panelu s následnými opatreniami (rehydratácia) kľúčové kroky pre zvládnutie dehydratácie pacienta.



**Obr. č. 6. Rozdelenie súčastí krvi (na pevné červené krvinky a buffy coat a tekutú krvnú plazmu) po centrifugácii** (upravené podľa <https://bltshop.ibermaticoss.com/>). Erytrocyty (červené krvinky), buffy coat – zmes leukocytov a trombocytov.

## NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Plyny**

Plyny ako napr. kyslík a oxid uhličitý, ktoré sú transportované v krvi, nie sú hlavnými zložkami plazmy a nezohrávajú primárnu úlohu pri udržiavaní objemu krvi a rovnováhy tekutín.

**B. Ióny**

Ióny alebo elektrolyty ako napr. sodík, draslík, chloridy a iné sú rozhodujúce pre rôzne fyziologické procesy vrátane funkcie nervového systému a svalovej kontrakcie. V porovnaní s vodou však nie sú hlavnými zložkami krvnej plazmy.

**C. Proteíny**

Plazmatické proteíny (bielkoviny) ako napr. albumín zohrávajú úlohu pri udržiavaní onkotického tlaku, čím prispievajú k udržiavaniu objemu krvi a rovnováhy tekutín. Nie sú však prevládajúcou zložkou plazmy.

### KLINICKÉ OKIENKO – ÚLOHA SODÍKA, DRASLÍKA A CHLORIDOV V ORGANIZME

Ľudský organizmus si bez ohľadu na externé podmienky (rozdielne životné prostredie, príjem potravy, fyzická aktivita) zachováva relatívne stále vnútorné prostredie – homeostázu, t.j. stálu teplotu, objem telových tekutín, osmotický tlak, pH a **vzájomný pomer elektrolytov** (aniónov a katiónov).

*Sodík*

Sodík predstavuje hlavný extracelulárny kation. Jeho koncentrácia v extracelulárnej tekutine (ECT) je  $140 \pm 5$  mmol/l, v intracelulárnej tekutine (ICT) v závislosti od druhu tkaniva 3 – 10 mmol/l. Sodík spomedzi všetkých iónov viaže na seba najviac vody, najväčšou mierou sa podieľa na regulácii objemu ECT a osmotického tlaku, je aktivátorom niektorých enzýmov a zohráva úlohu pri prenose nervovosvalových vzruchov. Zvýšenie koncentrácie sodíka v sére nad 145 mmol/l označujeme ako **hypernatriémia**, ku ktorej môže dochádzať pri stratách vody presahujúcich stratu sodíka (vracanie, hnačky, nedostatočný príjem vody napr. pri strate pocitu smädu v starobe), poruche koncentračnej schopnosti obličiek (napr. *diabetes insipidus*), osmotickej diuréze (napr. *diabetes mellitus*), hyperaldosteronizme, nefrotickom syndróme, renálnej insuficiencii, cirhóza pečene, zlyhaní srdca a nedostatočnej tvorbe antidiuretického hormónu. Hypernatriémia je sprevádzaná smädom, zmätenosťou, poruchami vedomia

a zvýšenou dráždivosťou. Zníženie koncentrácie sodíka v sére pod 135 mmol/l označujeme ako **hyponátriémia**, ktorá môže nastať pri stratách sodíka spôsobených vracaním, hnačkami, ochoreniami obličiek, insuficienciou kôry nadobličiek spojenej so zníženou tvorbou mineralokortikoidov (aldosterón), neprimeranou tvorbou antidiuretického hormónu a liečbou diuretikami (napr. furosemid). Hyponátriémia je spojená so slabosťou, nechutenstvom, apatiou, zníženým turgorom kože a poklesom krvného tlaku.

### *Draslík*

Draslík predstavuje hlavný intracelulárny kation. Jeho koncentrácia v ICT v závislosti od druhu tkaniva je 100 – 160 mmol/l a v ECT 3,6 – 5,4 mmol/l. Draslík je rozhodujúci pre správnu funkciu svalových a nervových buniek, udržiava stabilný krvný tlak a funkciu srdca, reguluje hladinu telesných tekutín a podporuje funkciu obličiek. Zvýšenú koncentráciu draslíka v sére nad 5,4 mmol/l označujeme ako **hyperkaliémia**, ku ktorej môže najčastejšie dochádzať pri zníženej tvorbe aldosterónu, zvýšenom rozpade buniek (napr. pri popáleninách, poškodení svalstva a i.), akútnom a chronickom zlyhávaní obličiek, zvýšenom prívode draslíka napr. vo forme KCl a pri užívaní diuretík šetriacich kálium (spironolaktón). Hyperkaliémia je sprevádzaná bolesťami brucha, nevoľnosťou, vracaním, zhoršeným dýchaním, mravčením a pocitom pálenia v končatinách, paralýzou svalstva a poruchami srdcového rytmu až zástavou srdca v dôsledku fibrilácie komôr. Zníženú koncentráciu draslíka v sére pod 3,6 mmol/l označujeme ako **hypokaliémia**, ku ktorej môže dochádzať pri nedostatočnom príjme draslíka (napr. hladovanie, redukčné diéty), nadmerných stratách draslíka (napr. hnačky, vracanie, renálna insuficiencia a užívanie diuretík), hyperaldosteronizme a hyperkorticizme (napr. adenómy kôry nadobličiek, alebo liečba glukokortikoidmi). Hypokaliémia je spojená so slabosťou, apatiou, paralýzou kostrového svalstva, ochabnutím hladkého svalstva a poruchami srdcového rytmu.

### *Chloridy*

Chloridy predstavujú hlavné anióny ECT. Ich koncentrácia v ECT je 97–108 mmol/l a v ICT 3–10 mmol/l, pričom najvyššia je v žalúdočnej šťave. Chloridy sa podieľajú na udržiavaní stáleho objemu, osmotického tlaku ECT, pH a na tvorbe kyseliny chlorovodíkovej v žalúdku. Zvýšenú koncentráciu chloridov v sére nad 108 mmol/l označujeme ako **hyperchlorémia**, ku ktorej môže dochádzať pri zvýšenom prívode chloridov (napr. infúzie roztokov NaCl), zníženom vylučovaní chloridov pri poškodení obličiek a metabolickej acidóze, kedy chloridy nahrádzujú bikarbonát. Zníženú koncentráciu chloridov v sére pod 97 mmol/l označujeme ako



**hypochlorémia**, ku ktorej môže dochádzať pri nadmerných stratách chloridov (vracanie), chronickej renálnej insuficiencii, *diabetes mellitus*, metabolickej alkalóze a liečba diuretikami (napr. furosemid).

**Kazuistika č. 7**

Štyridsaťtiročný muž s anamnézou chronickej obštrukčnej choroby pľúc prichádza k svojmu lekárovi primárnej starostlivosti na preventívnu prehliadku. V dôsledku dlhotrvajúceho respiračného ochorenia pacienta je prítomná obava z narušenia acidobázickej rovnováhy. Počas rozhovoru s pacientom lekár vysvetľuje dôležitosť udržiavania presného rozsahu pH v krvi pre optimálne fungovanie fyziologických procesov v organizme. Ktorá z nasledujúcich odpovedí označuje fyziologické rozmedzie pre pH arteriálnej krvi, kľúčové pre acidobázickú rovnováhu?

- A. 7,30 – 7,40
- B. 7,36 – 7,44
- C. 7,20 – 7,30
- D. 7,45 – 7,55

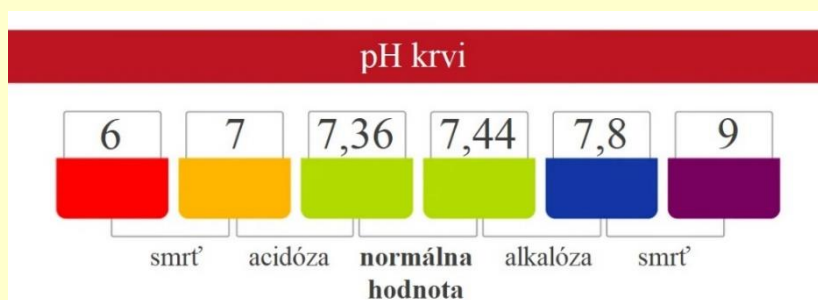
**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. 7,36 – 7,44**

U ľudí je pH krvi prísne regulované pre daný rozsah, ktorý zabezpečuje optimálne fungovanie rozličných enzymatických reakcií a fyziologických procesov v tele. Hodnota pH artériovej krvi je  $7,40 \pm 0,04$ , zatiaľ čo hodnota pH venóznej krvi je nižšia vzhľadom na väčší obsah oxidu uhličitého.

**Obr. č. 7. pH krvi** (upravené podľa

<https://www.freepik.com/>).

Stupnica pH predstavuje univerzálny farebný indikátor pre acidózu (kyslé prostredie) a alkalózu (zásadité prostredie).

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. 7,30 – 7,40**

Zatiaľ čo spodná hranica tohto rozsahu je mierne pod akceptovanou normou, horná hranica tohto rozsahu je už v rámci normálneho rozmedzia. Je však potrebné poznamenať, že presná

regulácia pH krvi je rozhodujúca pre rôzne fyziologické procesy, a preto aj malé odchýlky od normálneho rozsahu môžu viesť k významným patofyziologickým zmenám.

**C. 7,20 – 7,30**

Tento rozsah je pod akceptovaným fyziologickým rozsahom pre pH krvi. Hodnota pH krvi pod 7,35 sa považuje za kyslé prostredie a môže viesť ku stavu známemu ako acidóza.

**D. 7,45 – 7,55**

Tento rozsah je nad akceptovaným normálnym rozsahom pre pH krvi, pričom pH krvi nad 7,45 sa považuje za zásadité a môže viesť k stavu známemu ako alkalóza.

**Kazuistika č. 8**

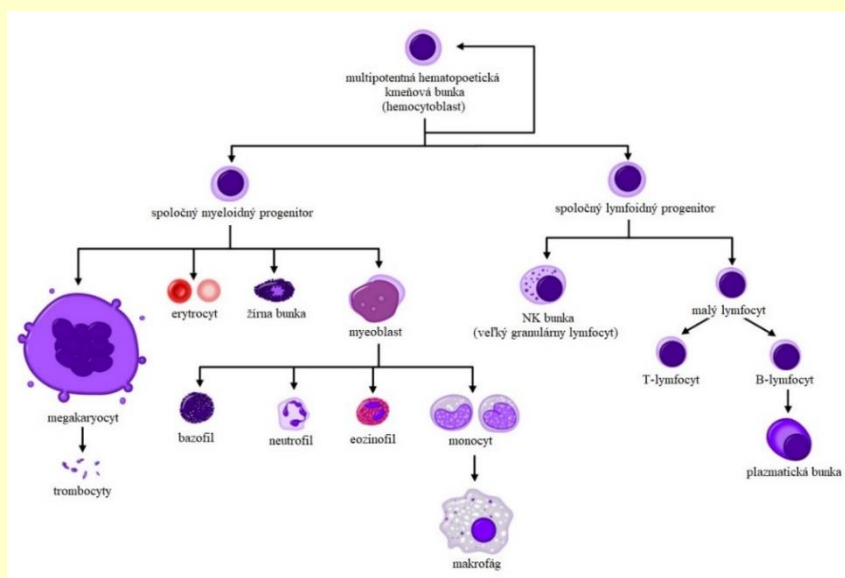
U tridsaťpäťročnej pacientky s anamnézou leukémie (zhubného ochorenia krvotvorby) je naplánovaná biopsia (lekársky zákrok, pri ktorom sa odoberá z tela človeka vzorka tkaniva na histologické alebo cytologické vyšetrenie) kostnej drene ako súčasť prebiehajúceho diagnostického vyšetrenia. Pacientka sa pýta lekára na nevyhnutnosť a dôležitosť daného zákroku. Lekár vysvetľuje, že biopsia je rozhodujúca na vyhodnotenie krvotvorby pacientky, inými slovami, či kostná dreň funguje pri produkcii krvných buniek správne. Na základe vysvetlenia poskytnutého lekárom, ktorá z nasledujúcich možností definuje hematopoézu (krvotvorbu)?

- A. Abnormálne vysoká absorpcia železa črevným traktom, ktorá vedie k nadmernému ukladaniu železa v organizme (najmä v pečeni, koži, pankrease, srdci, kĺboch a semenníkoch).
- B. Proces tvorby krvných bunkových zložiek.
- C. Nadmerné množstvo megakaryocytov v kostnej dreni.
- D. Porucha, pri ktorej sa v organizme produkuje nadmerné množstvo trombocytov.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**B. Proces tvorby krvných bunkových zložiek.**

Hematopoéza je proces tvorby korpuskulárnych častí (červených krviniek, bielych krviniek a krvných doštičiek) krvi v kostnej dreni.



**Obr. č. 8. Proces krvotvorby (hematopoéza) a vývojové rady jednotlivých krvných buniek** (upravené podľa [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hematopoiesis\\_simple.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hematopoiesis_simple.png)). Krvotvorba predstavuje postupný vývoj červeného krvného radu (erytropoéza), bieleho krvného radu (leukopoéza) a krvných doštičiek (trombocytopoéza) z totipotentnej kmeňovej bunky, ktorá je schopná sa diferencovať do špeciálnej bunkovej populácie. V rámci erytropoézy je prvou rozpoznateľnou bunkou proerytoblast, z ktorého následne v procese vývoja vzniká bazofilný normoblast, polychrómny normoblast, ortochrómny normoblast až retikulocyt, z ktorého dozrieva erytrocyt (zrelá červená krvinka). Všeobecne dochádza v procese dozrievania červenej krvinky ku zmenšovaniu bunky, zreniu cytoplazmy a vypudeniu jadra z bunky. V rámci leukopoézy je rozpoznateľným prekursorom pre granulocyty a monocyty málo diferencovaná bunka – myeloblast, z ktorej sa postupným diferencovaním vytvára promyelocyt, myelocyt, metamyelocyt až granulocyt. Všeobecne dochádza v procese dozrievania granulocytu k zmenšovaniu bunky, strate bazofilie cytoplazmy, k tvorbe špecifických granúl v cytoplazme a k zmenšovaniu a segmentovaniu jadra. V prípade monocytov je prvým prekursorom monoblast, z ktorého vzniká promonocyt až monocyt. Lymfocyty (T aj B) majú spoločný pôvod. T-lymfocyty sa diferencujú z pretymocytov a tymocytov, B-lymfocyty vznikajú z lymfoidnej kmeňovej bunky a konečnú formu nadobúdajú, keď sa dostanú do kontaktu s antigénom, pričom sa menia na plazmatické bunky. V rámci trombocytopoézy je prvou rozpoznateľnou bunkou megakaryoblast, z ktorého vzniká bazofilný megakaryocyt, granulovaný megakaryocyt až trombocyt. Bunky megakaryocytového radu sa nedelia, dochádza iba ku deleniu jadra a zväčšovaniu a dozrievaniu cytoplazmy. Detailné vysvetlenie danej problematiky – viď „Lekárka fyziológia (Javorka a kol., 2021)“

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Abnormálne vysoká absorpcia železa črevným traktom, ktorá vedie k nadmernému ukladaniu železa v organizme (najmä v pečeni, koži, pankrease, srdci, kĺboch a semenníkoch).**

Táto odpoveď označuje abnormálny stav absorpcie železa. Železo je nevyhnutné pre tvorbu hemoglobínu v červených krvinkách.

**C. Nadmerné množstvo megakaryocytov v kostnej dreni.**

Megakaryocyty predstavujú bunky v kostnej dreni, z ktorých vznikajú krvné doštičky (trombocyty). Hematopoéza však zahrnuje produkciu nielen trombocytov, ale všetkých krvných bunkových zložiek, teda aj erytrocytov a leukocytov.

**D. Porucha, pri ktorej sa v organizme produkuje nadmerné množstvo krvných doštičiek (trombocytov).**

Produkcia krvných doštičiek je súčasťou hematopoézy, avšak daný proces zahŕňa tvorbu aj ďalších krvných buniek, teda erytrocytov a leukocytov.

**Kazuistika č. 9**

Počas nehody viacerých vozidiel na rušnej diaľnici sú vyslané záchranné zložky k zraneným účastníkom autonehody. Služobne starší záchranár na mieste nehody koordinuje lekársku starostlivosť. Jedna zo zranených má výraznú traumú nohy a silné krvácanie. Po úspešnom zvládnutí zastavenia krvácania, služobne starší záchranár diskutuje s mladším kolegom o fyziologických mechanizmoch na zabránenie straty krvi. Diskutujú o jednotlivých mechanizmoch hemostázy, teda procese, ktorý zabraňuje nadmernému krvácaniu pri poranení cievy. Avšak jeden z mechanizmov, ktoré boli spomenuté, neprispieva k prevencii straty krvi. Ktoré z nasledujúcich možností popisuje mechanizmus, ktorý neprispieva k prevencii straty krvi?

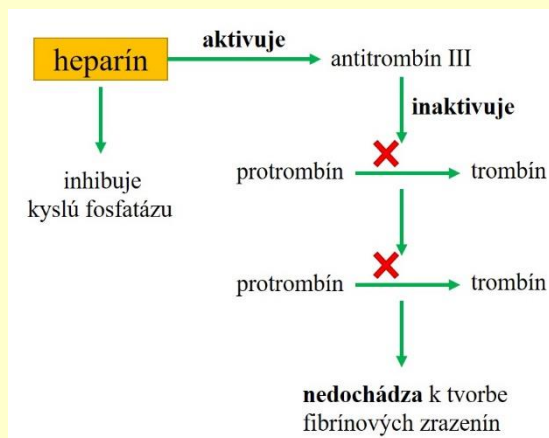
- A. Tvorba fibrínovej siete
- B. Tvorba trombocytárnej zátky
- C. Uvoľňovanie heparínu
- D. Zúženie krvných ciev (vazokonstrikcia)

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****C. Uvoľňovanie heparínu**

Heparín pôsobí ako antikoagulačná látka, ktorá zabraňuje tvorbe krvných zrazenín, preto neprispieva k prevencii straty krvi v mieste traumy; namiesto toho krvácanie zhoršuje.

**Obr. č. 9. Mechanizmus pôsobenia heparínu**

(upravené podľa <https://labpedia.net/blood-sample-types-anticoagulants-preservatives-adverse-effect-of-additives/>). Heparín stimuluje antitrombín III, ktorý inhibuje produkciu fibrínu a zastavuje vytvorenie zrazeniny. Má rýchly nástup a používa sa ako antikoagulans (t.j. liečivo znižujúce zrážanlivosť krvi) pri ochoreniach ako infarkt myokardu, venózna tromboembólia, hlboká žilová trombóza, periférna arteriálna choroba, pľúcna tromboembólia, a i..



## NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Tvorba fibrínovej siete**

Tvorba fibrínovej siete pomáha predchádzať nadmernej strate krvi vytvorením stabilnej zrazeniny v mieste poranenia cievy, ktorá utesňuje ranu a zastavuje krvácanie.

**B. Tvorba trombocytárnej zátky**

Vytvorenie zátky krvných doštičiek predstavuje prvý krok v procese zrážania krvi. Pomáha predchádzať strate krvi vytvorením dočasnej zátky v mieste poranenia cievy.

**D. Zúženie krvných ciev (vazokonstrikcia)**

Konstrikcia krvných ciev alebo cievny spazmus nastáva bezprostredne po poranení cievy, čím napomáha znižovať prietok krvi a tým aj stratu krvi z poranenej oblasti.



**Kazuistika č. 10**

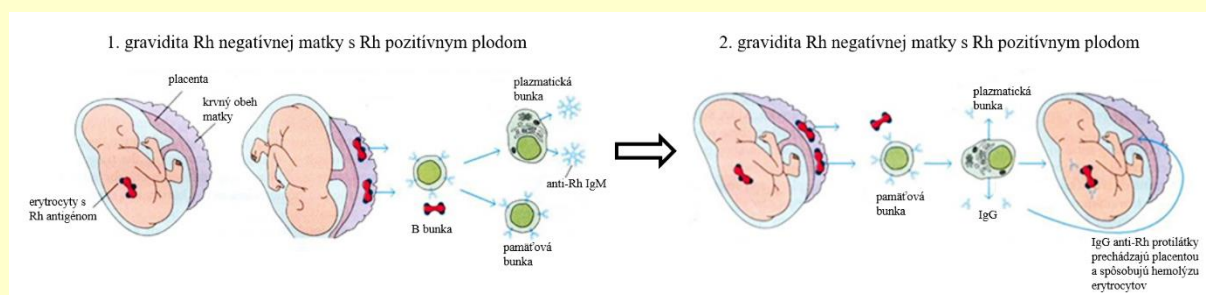
Tridsaťdvaročnej tehotnej žene (druhá gravidita) je indikovaný odber krvi pre vyšetrenie prítomnosti anti-D protilátok, pretože v rámci krvného systému AB0 má tehotná žena krvnú skupinu A v rámci krvného systému Rh má negatívny Rh faktor, zatiaľ čo jej manžel má krvnú skupinu A a Rh faktor pozitívny. Existuje v tejto súvislosti potenciálne riziko pre plod/novorodenca? Ak áno, z akého dôvodu?

- A. Áno, z dôvodu možnej inkompatibility krvi matky a plodu v rámci krvného systému AB0 a následných zdravotných komplikácií (hemolytická choroba novorodencov)
- B. Áno, z dôvodu možnej inkompatibility krvi matky a plodu v rámci krvného systému Rh a následných zdravotných komplikácií (hemolytická choroba novorodencov)
- C. Áno, z dôvodu možnej inkompatibility krvi matky a plodu v rámci krvných systémov AB0 a Rh a následných zdravotných komplikácií (hemolytická choroba novorodencov)
- D. Nie, nie je dôvod na obavu o zdravotný stav plodu/novorodenca

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**B. Áno, z dôvodu možnej inkompatibility krvi matky a plodu v rámci krvného systému Rh a následných zdravotných komplikácií (hemolytická choroba novorodencov)**

Pri opakovaných graviditách Rh pozitívnej matky s Rh negatívnym plodom môžu vytvorené anti-D protilátky matky prechádzať placentou do krvi plodu. Tieto protilátky sa viažu na fetálne erytrocyty, čo spôsobí ich aglutináciu, zrýchlené vychytávanie a predčasný zánik (hemolýzu) s možným rozvinutím hemolytickej choroby novorodenca. V najťažších prípadoch môže hemolytická choroba novorodenca predstavovať život ohrozujúci stav. Vďaka rutinnému vyšetrovaniu krvnej skupiny a Rh faktora tehotných žien, ako i profylaktickému podávaniu anti-D imunoglobulínov Rh-negatívnym ženám, incidencia hemolytickej choroby novorodencov v dôsledku Rh izoimunizácie klesla.



**Obr. č. 10. Inkompatibilita Rh krvného systému matky a Rh krvného systému plodu (upravené podľa <http://mt-lectures.blogspot.com/2016/06/lecture-9-hemolytic-disease-of-newborn.html>).**

K tvorbe protilátok proti D antigénu dochádza pri opakovaných graviditách Rh- matky s Rh+ plodom. Prvý Rh+ plod nie je ohrozený, pretože Rh+ fetálne erytrocyty sa dostávajú do krvného obehu Rh- matky až na konci gravidity, najčastejšie počas pôrodu. Akonáhle dochádza ku kontaktu matkinho organizmu s Rh+ erytrocytmi plodu, vytvorí si tzv. anti-D-protilátky. K alloimunizácii stačí, aby prešlo 0,1 ml Rh+ erytrocytov plodu do Rh- krvného obehu matky. Spočiatku začne matkin organizmus produkovať anti-Rh imunoglobulíny (Ig) M, ktoré neprechádzajú placentou, a až následne IgG, ktoré už dokážu prechádzať placentou. Vytvorené anti-D-protilátky pri ďalšej gravidite ľahko prechádzajú cez placentu do krvného obehu plodu, naviažu sa na fetálne erytrocyty plodu a spôsobujú ich aglutináciu a hemolýzu. V dôsledku hemolýzy dochádza k hyperbilirubinémii charakterizovanej vysokými hladinami nekonjugovaného bilirubínu, ktorý je schopný prestupovať cez hematoencefalickú bariéru, čo môže následne viesť až k vzniku tzv. jadrového ikteru. Pri ťažkom priebehu Rh-inkompatibility matky a plodu môže tiež vzniknúť tzv. *hydrops fetalis*, ktorý je charakterizovaný patologickým hromadením tekutín v dvoch a viac serózných dutinách a generalizovaným edémom (opuchom) mäkkých tkanív.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Áno, z dôvodu možnej inkompatibility krvi matky a plodu v rámci krvného systému AB0 a následných zdravotných komplikácií (hemolytická choroba novorodencov)**

Keďže partneri majú rovnakú krvnú skupinu A v rámci krvného systému AB0 nie je táto možnosť správna. Je však dôležité poznamenať, že môže nastať aj inkompatibilita matky a plodu v rámci krvného systému AB0. Najbežnejším typom AB0 inkompatibility je prípad, keď má matka krvnú skupinu 0 a plod má krvnú skupinu A, B, alebo AB. AB0 inkompatibilita je rovnako ako Rh inkompatibilita príčinou deštrukcie erytrocytov, avšak AB0 inkompatibilita medzi matkou a plodom nie je tak závažná. (pozn.: AB0 inkompatibilita v zmysle podania AB0 inkompatibilnej transfúzie je akútna životohrozujúca situácia).

**C. Áno, z dôvodu možnej inkompatibility krvi matky a plodu v rámci krvných systémov AB0 aj Rh a následných zdravotných komplikácií (hemolytická choroba novorodencov)**

Keďže partneri majú rovnakú krvnú skupinu A v rámci systému AB0, rovnako ako možnosť A, nie je táto odpoveď správna.

**D. Nie, nie je dôvod na obavu ohrozenia plodu**

Existuje dôvod na obavu z rozvinutia hemolytickej choroby novorodenca v dôsledku Rh inkompatibility matky a plodu, ktorá v najťažšej forme predstavuje život ohrozujúci stav.

## 2. FYZIOLÓGIA SVALSTVA A KOSTROVÉHO SYSTÉMU – KAZUISTIKY

**Kazuistika č. 1**

Päťdesiatdvaročný pacient s nedávno diagnostikovanou svalovou poruchou prichádza na konzultáciu ohľadom plánu následnej starostlivosti, pričom je nevyhnutné pacientovi vysvetliť základy funkcie kostrových svalov. Konzultujúca lekárka pacientovi opisuje hlavné funkcie svalov v organizme. Ktorá z nasledujúcich možností nepatrí k hlavným funkciám kostrových svalov?

- A. Vykonávanie vôľových ako i mimo-vôľových pohybov
- B. Produkcia tepla, čo prispieva k udržaniu telesnej teploty
- C. Absorpcia živín
- D. Vzpriamené držanie tela a stabilita

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**C. Absorpcia živín**

Rozhodujúcu úlohu pri absorpcii živín zohráva gastrointestinálny systém.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:**

**A. Vykonávanie vôľových ako i mimo-vôľových pohybov**

Hlavná funkcia kostrových svalov je realizácia aktívneho pohybu (napr. lokomočné pohyby, mimické pohyby, manipulačné pohyby, dýchanie, atď.).

**B. Produkcia tepla, čo prispieva k udržaniu telesnej teploty**

Svaly majú významnú úlohu v termoregulácii, pretože jeden z vedľajších produktov aktivity pracujúcich svalov je tvorba tepla.

**D. Vzpriamené držanie tela**

Svaly zohrávajú rozhodujúcu úlohu pri vzpriamenom držaní tela a stability. Posturálne (statické, stabilizačné) svaly udržiavajú vzpriamené držanie tela a zabezpečujú stabilnú polohu tela v priestore a fázické (dynamicke, pohybové) svaly zaisťujú jednotlivé pohyby vrátane ich jemnej koordinácie.

**Kazuistika č. 2**

Dvadsaťosemročný profesionálny futbalista prichádza na fyzioterapeutickú kliniku pre výrazné natiahnutie svalov dolných končatín počas zápasu. Fyzioterapeut zostavuje futbalistovi cieľový cvičebný program na urýchlenie procesu hojenia, pričom mu vysvetľuje: „pre vašu rehabilitáciu sa zameriame na špecifické svaly, ktoré spolupracujú s hlavnými svalmi, aby zabezpečili požadovaný pohyb.“ V tejto súvislosti, ako sa správne nazývajú svaly, ktoré pracujú v tandeme s primárnymi svalmi pri vytváraní špecifického pohybu?

- A. Fixátory
- B. Synergisti
- C. Antagonisti
- D. Ani jedna z uvedených možností

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. Synergisti**

Synergisti predstavujú svalovú skupinu zodpovednú za koordinovanú asistenciu primárnemu svalu na dosiahnutie vyvážených a účinných svalových kontrakcií počas rôznych fyzických aktivít pri vytváraní špecifického pohybu.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Fixátory**

Fixátory sú svaly, ktoré zaisťujú potrebnú stabilizáciu kĺbov, aby bola činnosť hlavného svalu presná a efektívna. Aj keď zohrávajú kľúčovú úlohu počas svalovej aktivity, špecificky nepomáhajú primárnemu svalu pri vytváraní pohybu.

**C. Antagonisti**

Antagonisti sú svaly vytvárajúce opačný pohyb ako primárny sval, t.j. pri kontrakcii primárneho svalu antagonista relaxuje, čím sa umožní následný pohyb.

**D. Ani jedna z uvedených možností**

Táto možnosť nie je správna, pretože skupina svalov pracujúca v tandeme s primárnym svalom pri vykonávaní špecifického pohybu sú synergisti (t.j. odpoveď B).

**Kazuistika č. 3**

Štyridsaťpäťročný rekreačný športovec prichádza do rehabilitačnej ambulancie na kontrolu účinnosti fyzickej terapie po predchádzajúcej zlomenine predlaktia, počas ktorej okrem iného absolvuje aj dynamometrické vyšetrenie svalovej sily. V tejto súvislosti, aký typ svalovej kontrakcie sa uplatňuje pri tomto vyšetrení?

- A. Izotonická kontrakcia
- B. Auxotonická kontrakcia
- C. Izometrická kontrakcia
- D. Excentrická kontrakcia

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****C. Izometrická kontrakcia**

Izometrická kontrakcia predstavuje svalovú činnosť, pri ktorej sa nevykonáva pohyb a vzdialenosť svalových úponov sa nemení. Pri tejto činnosti sa nemení dĺžka svalu, ale mení sa svalové napätie.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Izotonická kontrakcia**

Izotonická kontrakcia je svalová činnosť, pri ktorej sa mení vzdialenosť svalových úponov, ale svalové napätie ostáva konštantné. Podľa zmeny dĺžky svalu rozoznávame koncentrickú (skrátene svalu) a excentrickú (natiahnutie svalu) kontrakciu.

**B. Auxotonická kontrakcia**

Pri auxotonickkej kontrakcii sa svalová dĺžka a svalové napätie menia podľa aktuálnej potreby telesného pohybu.

**D. Excentrická kontrakcia**

Excentrická kontrakcia je typom izotonickkej kontrakcie, kedy dochádza k natiahnutiu svalu (svalové úpony sa vzdľujú) pri konštantnom svalovom napätí.

**Kazuistika č. 4**

Devätnásťročná žena prichádza na neurologické vyšetrenie pre prechodné stavy dvojitého videnia a abnormálnu unaviteľnosť svalstva dolných končatín, ktorá sa zvyrazňovala po fyzickej záťaži. Na základe objektívneho neurologického vyšetrenia bol stav diagnostikovaný ako myasténia gravis, pričom táto diagnóza bola definitívne potvrdená na základe prítomnosti špecifických autoprotilátok proti konkrétnemu typu receptorov. Myasténia gravis predstavuje autoimunitné ochorenie, ktoré postihuje nervovosvalové spojenie v priečne pruhovaných kostrových svaloch. Svalová slabosť, ktorá sa typicky vyskytuje pri tomto ochorení, je spôsobená obmedzeným prenosom elektrických impulzov cez nervovosvalovú platničku. Nervovosvalová platnička predstavuje špeciálny druh synapsy, kedy sa do štrbiny medzi nervom a svalom vylučuje signálna molekula/neurotransmitter, ktorá sa naviaže na receptory na svalovom vlákne, čím sa spustí kaskáda chemických reakcií vedúcich ku kontrakcii svalu. V tejto súvislosti, o akú látku ide?

- A. Sérotonín
- B. Dopamín
- C. Acetylcholín
- D. Adrenalin a noradrenalin

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****C. Acetylcholín**

Acetylcholín predstavuje signálnu molekulu predovšetkým autonómneho nervového systému (ANS) na všetkých pregangliových zakončeníach, na všetkých postgangliových parasimpatikových zakončeníach, ale aj na niektorých postgangliových sympatikových zakončeníach (napr. potné žľazy). Acetylcholín sa však ako neurotransmitter uplatňuje aj mimo ANS, a to na nervovosvalovej platničke. Acetylcholín sa po uvoľnení do synaptickej štrbiny viaže na nikotínový receptor s následným otvorením  $\text{Na}^+$  kanála, čím dochádza k masívnemu influxu  $\text{Na}^+$  iónov do bunky. To vedie k tvorbe akčného potenciálu, ktorý sa šíri po svalovom vlákne cez T-tubuly až k sarkoplazmatickému retikulu s následným vyplavením  $\text{Ca}^{2+}$  iónov do sarkoplazmy. Uvoľnený vápnik sa viaže na troponín C, dochádza ku konformačnej zmene v troponín-tropomyozínovom komplexe, čím sa na aktínovom vlákne „odhalia“ väzobné miesta



pre myozínové hlavice, naviazaniu myozínovej hlavice a posunu aktínového vlákna, t.j. nastáva kontrakcia.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

### A. Sérotonín

Sérotonín predstavuje mediátor v *plexus myentericus* tráviaceho systému a neurotransmitter v centrálnom nervovom systéme. Mimo nervového tkaniva sa nachádza v krvných doštičkách, žírnych bunkách a enterochrómafinových bunkách gastrointestinálneho systému. Účinky sérotonínu zahŕňujú: agregáciu krvných doštičiek, kontrakciu hladkej svaloviny (predovšetkým vazokonstrikciu a stimuláciu peristaltiky tráviaceho traktu), ovplyvnenie nálady, navodenie nevolnosti a vracania pôsobením na *area postrema* a potlačenie bolesti.

### B. Dopamín

Dopamín pôsobí ako neurotransmitter na viacerých významných dráhach CNS, kde sa prostredníctvom naviazania na dopamínergné receptory podieľa na viacerých procesoch ako pamäť, učenie, pozornosť, i emócie. Dopamínergné receptory sú okrem CNS lokalizované aj v cievach odvádzajúcich odkysličenú krv z myokardu alebo pľúc, v predsieňach myokardu a v nefrónoch, najmä v epitelových bunkách proximálneho tubulu.

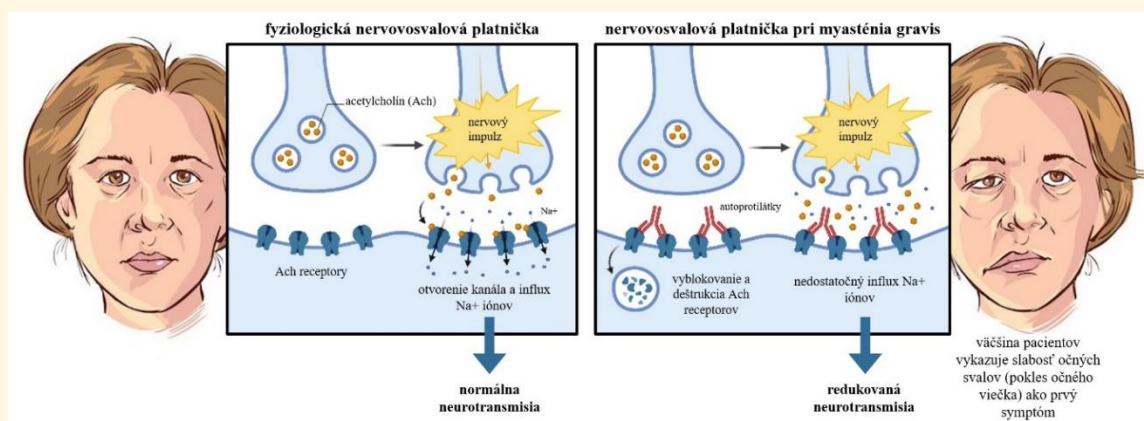
### D. Adrenalin a noradrenalin

Adrenalin a noradrenalin predstavujú signálne molekuly predovšetkým sympatikoadrenálneho systému. Adrenalin sa syntetizuje predovšetkým v dreni nadobličiek, zatiaľ čo noradrenalin sa predovšetkým uplatňuje ako neurotransmitter na nervových zakončeníach sympatikového nervového systému. V malých množstvách sa oba katecholamíny tvoria aj v srdci, v obličkách, v sietnici, alebo v slezine. Tieto katecholamíny sprostredkujú svoje účinky prostredníctvom väzby na špecifické membránové adrenergne receptory efektorových buniek ( $\alpha$ -receptory a  $\beta$ -receptory).

## KLINICKÉ OKIENKO – NERVOVOSVALOVÁ PLATNIČKA A OCHORENIE MYASTÉNIA GRAVIS

Nervovosvalová (motorická) platnička predstavuje morfológicky a funkčne špecializovaný typ synapsy, ktorú vytvára axónové zakončenie  $\alpha$ -motoneurónu a sarkoléma (t.j. plazmatická

membrána svalového vlákna). Toto nervovosvalové spojenie je charakterizované rozsiahlejšou štrbinou medzi nervovým zakončením a sarkolémou v dôsledku invaginácií sarkolémy do synaptickej štrbiny. Tým vzniká pomerne veľká styčná plocha medzi presynaptickou a postsynaptickou časťou motorickej platničky s vysokým počtom membránových cholinergických receptorov nikotínového typu, čím je zabezpečená vysoká pravdepodobnosť excitácie a následnej kontrakcie svalu. Uvoľnenie neurotransmitera acetylcholínu exocytózou z vezikúl terminálneho zakončenia axónu ide prostredníctvom šírenia akčného potenciálu na presynaptické zakončenie  $\alpha$ -motoneurónu. Na postsynaptickej svalovej membráne sú lokalizované nikotínové receptory, na ktoré sa viaže uvoľnený acetylcholín. Výsledkom kombinácie receptora s acetylcholínom sú konformačné zmeny receptorov spojené s otvorením sodíkových kanálov, čím sa umožní masívny influx iónov sodíka dovnútra svalovej bunky. Vtok sodíkových katiónov vyvolá depolarizáciu svalovej membrány (t.j. potenciál motorickej platničky). V prípade dosiahnutia prahovej hodnoty potenciálu motorickej platničky dochádza k depolarizácii sarkolémy. Následne sa otvárajú napäťovo-riadené kanály pre sodíkové a draslíkové ióny v sarkoléme a vzniká akčný potenciál svalu (t.j. svalový vzruch), ktorý sa šíri po membráne svalovej bunky a vedie k excitácii svalu. Akčný potenciál svalu sa rýchlo šíri po povrchu svalového vlákna a prostredníctvom membrán T-tubulov aj do vnútorných častí svalového vlákna predovšetkým k cisternám sarkoplazmatického retikula. Výsledkom tejto aktivácie je uvoľnenie iónov vápnika zo sarkoplazmatického retikula do sarkoplazmy, ktoré následne vedie ku kaskáde procesov kontrakcie kostrového svalu. Naopak, presun iónov vápnika zo sarkoplazmy späť do sarkoplazmatického retikula je spojený s relaxáciou kostrového svalu.



**Obr. č. 11. Nervovosvalová platnička za fyziologických okolností a pri myasténii gravis** (upravené podľa <https://www.biorender.com/template/myasthenia-gravis-autoantibodies-against-receptors-cause-disease-by-blocking-receptor-function>, <https://almurshidimed.com/tag/myasthenia-gravis-treatment-in-thailand/>). Myasténia gravis je autoimunitné ochorenie neuromuskulárneho systému spôsobené

poruchou prenosu nervových impulzov cez nervosvalovú platničku, v dôsledku čoho dochádza k epizodickej fokálnej (napr. svalstva okolo očí, svalov rúk alebo nôh) alebo generalizovanej svalovej slabosti. U 80-85% pacientov je ochorenie spôsobené produkciou autoantilátok, ktoré blokujú nikotínové receptory pre acetylcholín (t.j. IgG autoantilátky proti acetylcholíovým receptorom) na nervosvalovej platničke. Tieto autoantilátky spôsobujú významný pokles funkčných acetylcholíových receptorov prostredníctvom ich blokády alebo prostredníctvom deštrukcie receptorov pri aktivácii komplementu. Zníženie počtu funkčných acetylcholíových receptorov vedie k zlyhaniu nervosvalového prenosu, čo sa klinicky prejavuje svalovou slabosťou.

**Kazuistika č. 5**

Štrnásťročný chlapec je operovaný z dôvodu akútnej apendicitídy (t.j. zápalu červovitého prívesku). V priebehu niekoľkých minút po začatí anestézie sa u pacienta objavili nasledovné príznaky: progresívne zvyšovanie telesnej teploty (z 37°C na začiatku operácie na 40°C v priebehu 20 min.), pulzovej frekvencie (zo 110 úderov/min na začiatku operácie na 160 úderov/min v priebehu 20 min.) a ET-CO<sub>2</sub> end-tidal CO<sub>2</sub> zo 4 kPa na začiatku operácie na 8 kPa v priebehu 20 min.). Vzhľadom na klinický obraz pacienta bolo vyslovené podozrenie na malígnu hypertermiu a bezprostredne boli zahájené jednotlivé intervencie. Malígna hypertermia predstavuje bezprostredne život ohrozujúce farmakogenetické ochorenie vyvolané podaním anestetika a charakterizované poruchou funkcie priečne-pruhovaných svalov (porucha vápnikového metabolizmu vo svalovej bunke), pričom sa často prejavuje náhlým a proťahovaným hypermetabolickým stavom. V tejto súvislosti, ktorý typ receptora v sarkoplazmatickom retikule zohráva rozhodujúcu úlohu pri uvoľňovaní vápnikových iónov?

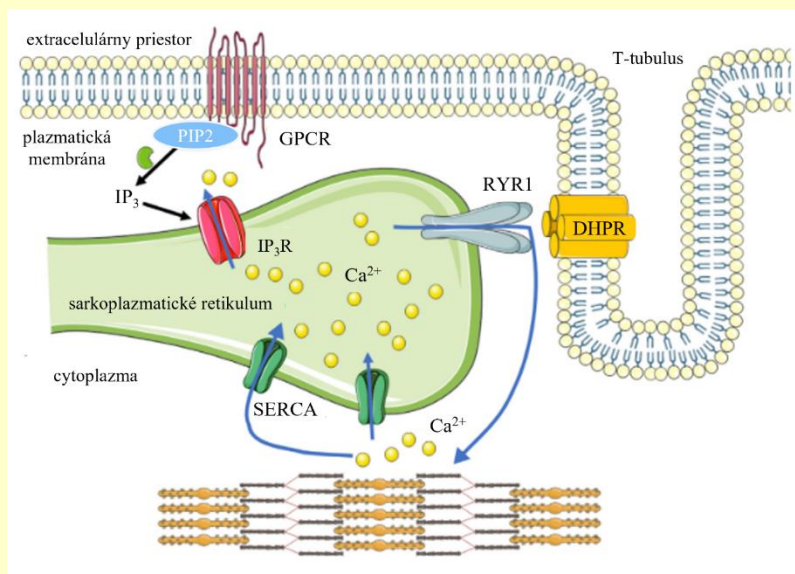
- A. Dihydropyridínový napäťovo-riadený receptor
- B. Ryanodínový receptor typ 2 (RYR2)
- C. Ryanodínový receptor typ 1 (RYR1)
- D. Dihydropyridínový ligandom-riadený receptor

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****C. Ryanodínový receptor typ 1 (RYR1)**

Za fyziologických okolností dihydropyridínový napäťovo-riadený receptor v T-tubule otvára RYR1 v sarkoplazmatickom retikule, čím dochádza k uvoľneniu vápnikových iónov do sarkoplazmy. Po prudkom zvýšení koncentrácie vápnikových iónov v sarkoplazme dochádza k ich naviazaniu na troponín C, čo má pravdepodobne za následok konformačnú zmenu a obnaženie aktívnych miest na aktínovom vlákne. Odkrytie aktívnych miest na aktíne vedie ku okamžitému spojeniu aktínu a myozínu prostredníctvom priečných mostíkov. Po pritiahnutí hlavice priečného mostíka ku aktínu sa hlavica skloní k ramenu priečného mostíka, čím dochádza k potiahnutiu aktínového vlákna smerom do stredu sarkoméry a svalovej kontrakcii. Po chvíli dochádza k odpojeniu hlavice od aktívneho miesta a pohybom ramena priečného mostíka sa dostáva do pôvodnej polohy a následne k opätovnému pritiahnutiu hlavice aktívnym

miestom na aktíne a opakovaniu celého cyklu. Tieto procesy sú náročné na dostatok energie vo forme ATP.

**Obr. č. 12. Kľúčová úloha ryanodínového receptora 1 (RYR1) pri uvoľňovaní vápnikových iónov zo sarkoplazmatického retikula** (upravené podľa Mader a kol., 2020). Uvoľnenie vápnikových iónov zo sarkoplazmatického retikula buniek kostrového svalu nastáva dvomi spôsobmi, a to uvoľnenie vápnikových iónov cez  $\text{Ca}^{2+}$  kanály ryanodínového



receptora typu 1 (súčasť procesu spájania excitácie a kontrakcie), ktoré vedie k rýchlemu vzostupu vápnikových iónov v cytoplazme a aktiváciou inozitol 1,4,5-trifosfátového receptora (súčasť procesu spájania excitácie a transkripcie), ktoré vedie k pomalému uvoľneniu vápnikových iónov do cytoplazmy. DHPR - dihydropyridínový receptor,  $\text{IP}_3\text{R}$  - inozitol 1,4,5-trifosfátový receptor, RYR1 - ryanodínový receptor 1, SERCA – sarkoplazmatická  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPáza (zodpovedná za spätné vychytávanie vápnikových iónov do sarkoplazmatického retikula), GPCR – receptor spriahnutý s G-proteínom, PIP2 - fosfatidylinozitol-4,5-bisfosfát,  $\text{IP}_3$  - inozitol-1,4,5-trifosfát

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

### A. Dihydropyridínový napäťovo-riadený receptor

Dihydropyridínové receptory sa nachádzajú v membráne T-tubulov a predstavujú tzv. napäťovo-riadené receptory. Aktivujú sa depolarizáciou, čím dochádza k ich interakcii s ryanodínovými receptormi sarkoplazmatického retikula.

### B. Ryanodínový receptor typ 2 (RYR2)

RYR2 predstavuje vápnikový iónový kanál, ktorý zohráva dôležitú úlohu v kontrakčnom procese srdcového svalu, pretože z vnútrobunkového zásobníka uvoľňuje vápnikové ióny nevyhnutné pre aktiváciu kontraktilného systému srdcovej bunky.

**D. Dihydropyridínový ligandom-riadený receptor**

Dihydropyridínové receptory sa nachádzajú v membráne T-tubulov a predstavujú tzv. napäťovo-riadené (nie ligandom-riadené) receptory. Aktivujú sa depolarizáciou, čím dochádza k ich interakcii s ryanodínovými receptormi sarkoplazmatického retikula.

**KLINICKÉ OKIENKO – MALÍGNA HYPERTERMIA**

Malígna hypertermia predstavuje vzácnu, ale veľmi obávanú komplikáciu celkovej anestézie. Podstatou malígnej hypertermie je autozomálne dominantne dedičná subklinická myopatia, ktorá vedie ku poruche metabolizmu vápnika v svalovej bunke. Pacienti s rozvojom malígnej hypertermie majú dysfunkčný práve RYR1, kedy po kontakte so spúšťačom (predovšetkým volatilné anestetiká a depolarizujúce svalové relaxanciá) dochádza k zvýšenému uvoľňovaniu vápnikových iónov a zároveň ich zníženému spätnému vychytávaniu. Výsledkom čoho je zvýšená koncentrácia vápnikových iónov vo svalovej bunke, ktorá vedie ku vystupňovanej a prolongovanej kontrakcii kostrových svalov bez následnej relaxácie, čo napokon vyúsťuje do masívnej metabolickej reakcie. Pri tomto hypermetabolickom stave dochádza k extrémnej spotrebe kyslíka a ATP a masívnej nadprodukcii laktátu, oxidu uhličitého a tepla, čo sa klinicky prejavuje svalovou rigiditou, ventilačnou poruchou, obehovou nestabilitou a vzostupom telesnej teploty. Klinické príznaky môžeme podľa času nástupu rozdeliť na včasné, medzi ktoré patria spasmus žuvacieho svalstva (trizmus), tachypnoe (zrýchlené dýchanie), sínusová tachykardia, vzostup minútovej ventilácie, vzostup end-tidal  $\text{CO}_2$ , metabolická acidóza, rozvoj svalovej rigidity, začervenanie kože, zvýšenie telesnej teploty a pokles saturácie krvi kyslíkom. Druhú skupinu predstavujú neskoré príznaky, medzi ktoré zaraďujeme cyanózu, hypoxémiu, srdcové arytmie, hypotenziu, obehovú nestabilitu, generalizovanú svalovú rigiditu, rabdomyolýzu a rýchly vzostup telesnej teploty (približne o  $1^\circ\text{C}$  / 5 min). Následne dochádza k rozvoju multiorgánového zlyhania a smrti pacienta. Terapiu je nutné zahájiť okamžite na operačnej sále pri rozvoji prvých včasných príznakov (dokonca aj pri podozrení na rozvoj tohto ochorenia), keďže ide o veľmi závažný, život ohrozujúci stav.

**Kazuistika č. 6**

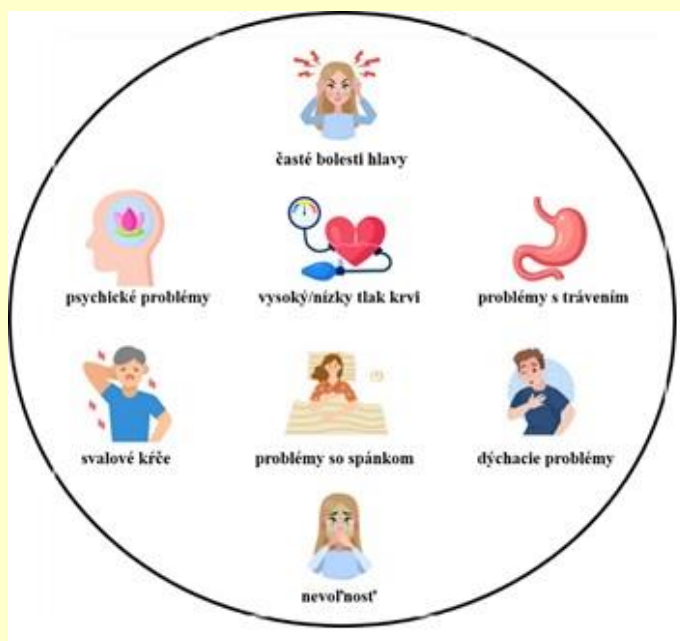
Dvadsaťročná žena prichádza k svojej všeobecnej lekárke pre pretrvávajúcu únavu, podráždenosť, „búšenie“ srdca (palpitácie) a opakované kŕče predovšetkým horných končatín. Žene bola na základe laboratórneho a elektromyografického vyšetrenia diagnostikovaná tetánia (tetanický syndróm). Ide o syndróm zvýšenej nervovosvalovej dráždivosti, ktorý vzniká v dôsledku zníženej koncentrácie predovšetkým jedného minerálu v organizme, ktorý je považovaný za najdôležitejší regulátor dráždivosti centrálného nervového systému (CNS), periférneho nervového systému a nervovosvalového spojenia. Deficit ktorého dôležitého minerálu má za následok nadmernú dráždivosť daných štruktúr?

- A. Horčík
- B. Železo
- C. Zinok
- D. Jód

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**A. Horčík**

Horčík (magnézium) sa v organizme zapája do množstva chemických procesov, pričom je zodpovedný za optimálne fungovanie nervov a svalov, reguláciu krvného tlaku a i. Deficit horčíka môže viesť k nadmernej dráždivosti CNS, periférneho nervového systému a nervovosvalového spojenia, čo je spojené s množstvom klinických prejavov (napr. nervovosvalové, kardiovaskulárne a gastrointestinálne príznaky).



**Obr. č. 13. Príklady príznakov deficitu horčíka v organizme** (upravené podľa <https://www.brainmarket.sk/blog/horcik-a-jeho-12-vedecky-overenych-ucinkov-na-zdravie/>).



NESPRÁVNE ODPOVEDE:

### **B. Železo**

Železo je minerál nevyhnutný pre syntézu hemoglobínu. Nepredstavuje dôležitý regulátor dráždivosti CNS, periférneho nervového systému a nervovosvalového spojenia.

### **C. Zinok**

Zinok je minerál, ktorý sa nachádza v organizme len v nepatrnom množstve, koncentrovane sa však nachádza v mozgu, v dúhovke oka, kostiach a v mužských pohlavných žľazách. Zohráva významnú úlohu pri podpore imunitných reakcií, prispieva k zrýchleniu procesu hojenia rán, podporuje zdravý vývoj plodu počas tehotenstva. Nepredstavuje však dôležitý regulátor dráždivosti CNS, periférneho nervového systému a nervovosvalového spojenia.

### **D. Jód**

Jód predstavuje dôležitý minerál pre správnu funkciu štítnej žľazy, predovšetkým pre tvorbu hormónov štítnej žľazy, tyroxínu a trijódtyronínu, ktoré regulujú mnohé dôležité biochemické reakcie v organizme. Nepredstavuje však dôležitý regulátor dráždivosti CNS, periférneho nervového systému a nervovosvalového spojenia.



**Kazuistika č. 7**

Dvadsaťšesťročný muž prichádza na traumatologickú pohotovostnú ambulanciu po páde z bicykla pre bolesť hrudníka zvýrazňujúcu sa pri hlbokom dýchaní ako i pri pohyboch trupu. RTG vyšetrenie hrudníka potvrdilo podozrenie lekára na zlomeninu rebier. V tejto súvislosti lekár diskutuje s praxujúcim študentom medicíny o význame kostrového systému. Ktorá z nasledujúcich funkcií nie je považovaná za primárnu funkciu kostrového systému?

- A. Ochrana vnútorných orgánov
- B. Uskladňovanie minerálov
- C. Tvorba krviniek
- D. Syntéza vitamínu D

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****D. Syntéza vitamínu D**

Hlavným zdrojom vitamínu D je endogénna produkcia v koži, kde vzniká prostredníctvom pôsobenia ultrafialového žiarenia UVB. V menšej miere získavame vitamín D z potravy (napr. ryby, vaječný žĺtok a i.).

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Ochrana vnútorných orgánov**

Kostrový systém slúži na ochranu jednotlivých vnútorných orgánov (napr. hrudný kôš chráni srdce a pľúca, lebka chráni mozog a chrbtica chráni miechu).

**B. Uskladňovanie minerálov**

Medzi fyziologické funkcie kostí patrí aj ukladanie niektorých minerálov, predovšetkým vápnika a fosforu.

**C. Tvorba krviniek**

Kosti predstavujú miesto tvorby korpuskulárnych súčastí krvi. Krvné bunky sa u novorodencov tvoria v kostnej dreni všetkých kostí. U dospelých jedincov sa tvorba krvných buniek lokalizuje do epifýz humeru a femuru, do plochých kostí a do stavcov.

**Kazuistika č. 8**

Šesťdesiatšedemročná žena prichádza na denzitometrické vyšetrenie pre zhoršujúce sa bolesti chrbta a problémy pri chôdzi, ktoré si vyžadujú podporné pomôcky. Pacientka tiež udáva pokles telesnej výšky približne o 6 cm. Laboratórne vyšetrenie poukázalo na výrazný deficit vitamínu D. Denzitometrické vyšetrenie odhalilo osteoporózu, t.j. systémové metabolické ochorenie skeletu, ktoré je charakterizované poruchou mechanickej odolnosti kostí s následným zvýšením fragility kostí a zvýšeným rizikom zlomeniny. Jednými z hlavných rizikových faktorov osteoporózy je ženské pohlavie a menopauza. V tejto súvislosti, ktoré z nasledujúcich tvrdení je správne?

- A. Deficit estrogénov po menopauze vedie k nárastu počtu osteoklastov a zvýšeniu ich aktivity.
- B. Deficit estrogénov po menopauze vedie k nárastu počtu osteoblastov a zvýšeniu ich aktivity.
- C. Deficit estrogénov po menopauze vedie k poklesu počtu osteoklastov a zníženiu ich aktivity.
- D. Deficit estrogénov po menopauze vedie k poklesu počtu osteoblastov a zníženiu ich aktivity.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**A. Deficit estrogénov po menopauze vedie k nárastu počtu osteoklastov a zvýšeniu ich aktivity.**

Výsledkom zvýšeného počtu osteoklastov a ich zvýšenej aktivity je zvýšenie resorpcie kosti a pokles jej denzity.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:**

**B. Deficit estrogénov po menopauze vedie k nárastu počtu osteoblastov a zvýšeniu ich aktivity.**

Deficit estrogénov po menopauze vedie k nárastu počtu osteoklastov (nie osteoblastov) a zvýšeniu ich aktivity.

**C. Deficit estrogénov po menopauze vedie k poklesu počtu osteoklastov a zníženiu ich aktivity.**

Deficit estrogénov po menopauze vedie k nárastu (nie k poklesu) počtu osteoklastov a zvýšeniu (nie zníženiu) ich aktivity.

**D. Deficit estrogénov po menopauze vedie k poklesu počtu osteoblastov a zníženiu ich aktivity.**

Deficit estrogénov po menopauze vedie k nárastu počtu osteoklastov (nie poklesu počtu osteoblastov) a zvýšeniu (nie zníženiu) ich aktivity.

**Kazuistika č. 9**

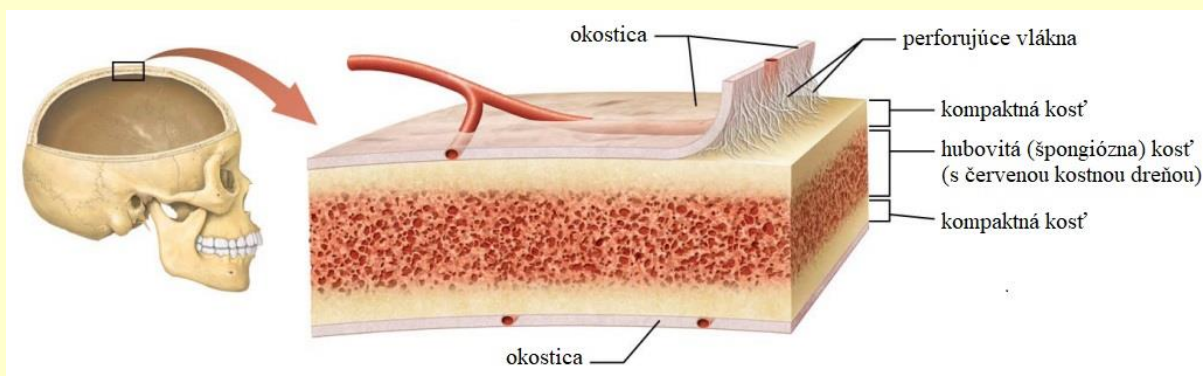
Detský ortopéd vysvetľuje rodičom chlapca, ktorý sa narodil s defektom lebečnej kosti špecifický typ osifikácie (kostnatenia) priamo v membránach spojivového tkaniva, najmä v plochých kostiach, ako je lebka. V tejto súvislosti, ako sa nazýva proces tvorby kosti priamo v membránach spojivového tkaniva?

- A. Chondrogénna osifikácia
- B. Enchondrálna osifikácia
- C. Dezmogénna osifikácia
- D. Remodelácia kosti

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**C. Dezmogénna osifikácia**

Dezmogénna (intramembranózna) osifikácia je proces tvorby kosti, pri ktorom sa kostné tkanivo tvorí priamo v membráne spojivového tkaniva. Vyskytuje sa predovšetkým pri vývoji plochých kostí, ako lebka a kľúčne kosti, kde sa mezenchymálne bunky diferencujú na proteoblasty až osteoblasty. Tie produkujú kostnú hmotu s prvými kostnými ostrovčekmi, ktoré sa následne spájajú do trabekúl, zväčšujú sa až k obvodu budúcej kosti, čím sa napokon nahradí pôvodné spojivé tkanivo.



**Obr. č. 14. Plochá kosť, zložená z vonkajšej (kompaktná kosť) a vnútornej vrstvy (hubovitá, špongiózna kosť s červenou kostnou dreňou)**

(upravené podľa [mccc.edu/~falkowl/ documents/SkeletalSystem.pdf](http://mccc.edu/~falkowl/documents/SkeletalSystem.pdf)).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Chondrogénna osifikácia**

Chondrogénna (endochondrálna) osifikácia je tvorba dlhých a iných kostí na podklade hyalínovej chrupavky.

**B. Enchondrálna osifikácia**

Enchondrálna osifikácia je synonymum chondrogénnej osifikácie, t.j. tvorby dlhých a iných kostí na podklade hyalínovej chrupavky.

**D. Remodelácia kostí**

Remodelácia kosti predstavuje kontinuálny proces odbúravania a novotvorby kosti, na ktorom sa podieľajú viaceré hormóny, rastové faktory, cytokíny a prostaglandíny.

**Kazuistika č. 10**

Matka prichádza so šesťročnou dcérou k pediatričke, pretože si všimla, že jej dcéra je v porovnaní s rovesníkmi výrazne nižšia. Po zmeraní výšky dievčatka a jej porovnaní s rastovými grafmi, lekárka konštatuje, že jej výška sa nachádza pod 3 percentilom. Počas odoberania anamnestických údajov matka spomenie, že sú vegáni. Na základe tohto údaju bola odobraná dievčatku aj krv, kde bola zistená znížená hladina vápnika. V tejto súvislosti vysvetľuje lekárka matke dôležitosť suplementácie vápnika z iných zdrojov, pretože dostatočná hladina vápnika je dôležitá nielen pre celkové zdravie a odolnosť opornej sústavy, ale má veľký význam aj pri raste a formovaní kostí. Definujte odporúčaný denný príjem vápnika u dieťaťa?

- A. 1300 – 1900 mg/deň
- B. 500 – 1200 mg/deň
- C. 100 – 500 mg/deň
- D. 1200 – 1500 mg/deň

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. 500 – 1200 mg/deň**

Odporúčaný denný príjem vápnika u detí je 500 – 1200 mg. Vápnik patrí k najvýznamnejším extracelulárnym iónom v organizme, ktorý vytvára štruktúru kostí a zubov. Koncentrácia vápnika výrazne ovplyvňuje exocytózu, bunkovú signalizáciu, mechanizmus prevodu nervového vzruchu, nervovosvalovú dráždivosť, zrážanie krvi a i.. Pokles koncentrácie vápnika v krvi (hypokalciémia) je spojený s výskytom nasledovných klinických príznakov: parestézie, tetánia, zmätenosť, podráždenosť, zvýšená kazivosť zubov, rachitída (krivica), osteomalácia (úbytok anorganickej zložky kostnej hmoty v dospelosti) a i.. Zvýšená koncentrácia vápnika v krvi (hyperkalciémia) je spojená s výskytom symptómov: slabosť, únava, zmätenosť, vracanie, zníženie nervovosvalovej dráždivosti, až zlyhanie srdca.

**Obr. č. 15. Potraviny bohaté na vápnik**  
(upravené podľa avepharma.sk).



NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. 1300 – 1900 mg/deň**

**C. 100 – 500 mg/deň**

**D. 1200 – 1500 mg/deň**

Tieto možnosti nesprávne popisujú odporúčaný denný príjem vápnika u detí.

3. FYZIOLÓGIA NERVOVÉHO A ENDOKRINNÉHO  
SYSTÉMU – KAZUISTIKY



**Kazuistika č. 1**

Tridsaťpäťročný muž, ktorý bol účastníkom ťažkej dopravnej nehody, prežíva opakované epizódy dezorientácie a straty pamäti. Neurologické vyšetrenie po privezení pacienta do nemocnice poukazuje na anterográdnú amnéziu, ktorá je najvýraznejšia v oblasti vytvárania nových spomienok. Z hľadiska diskusie o neuroanatomických základoch spracovania a ukladania informácií do pamäte, ktorá z nasledujúcich oblastí mozgu bola s najväčšou pravdepodobnosťou poškodená počas nehody a je zodpovedná za amnéziu?

- A. Hypotalamus
- B. Talamus
- C. Mozoček (cerebellum)
- D. Hipokampus

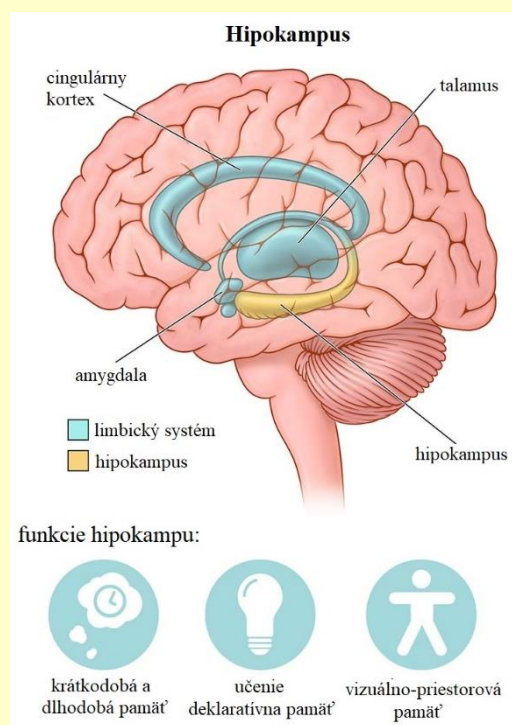
**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**D. Hipokampus**

Hipokampus predstavuje kľúčovú štruktúru v mozgu pre tvorbu a ukladanie pamäťových stôp. V dôsledku traumatického poškodenia hipokampu môže dôjsť k narušeniu schopnosti mozgu konsolidovať a získavať spomienky. To môže viesť k stavu známemu ako posttraumatická amnézia, kedy sa u pacienta zaznamenáva strata pamäti súvisiaca s nehodou a udalosťami, ktoré s ňou súvisia.

**Obr. č. 16. Hipokampus** (upravené podľa <https://my.clevelandclinic.org/health/body/hippocampus>).

Hipokampus je súčasť limbického systému, t.j. skupiny mozgových štruktúr, ktoré regulujú spomienky, emócie a autonómne reakcie (ako napr. frekvencia srdca, dýchanie, potenie atď.). Medzi základné funkcie hipokampu patria: deklaratívna, resp. explicitná pamäť (spomienky na fakty alebo skúsenosti), učenie, krátkodobá a dlhodobá pamäť, vizuálno-priestorová pamäť (zapamätanie si polohy vlastného tela vo vzťahu k blízkym objektom) a verbálna pamäť (pamätanie si správnych slov).



NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Hypotalamus**

Hypotalamus predstavuje kľúčovú oblasť mozgu zapojenú do viacerých homeostatických funkcií organizmu vrátane regulácie teploty, smädu, hladu, spánku a hormonálnej regulácie.

**B. Talamus**

Talamus predstavuje integračné centrum senzorických, motorických, autonómnych a nešpecifických systémov = brána vedomia.

**C. Mozoček (cerebellum)**

Cerebellum predstavuje kľúčový orgán pre riadenie svalového napätia, držanie tela a rovnováhy v stojí a pri chôdzi, ako i koordináciu pohybov.

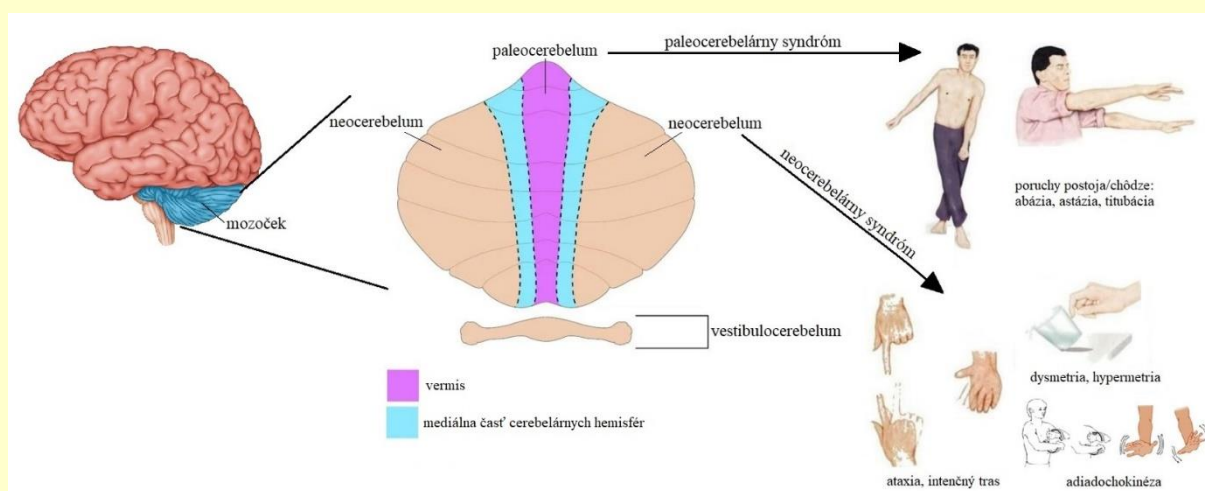
**Kazuistika č. 2**

Sedemdesiatdvaročný pacient prichádza do neurologickej ambulancie pre výraznú stratu koordinácie motoriky a „širokú“ chôdzu. Rodinný sprevádzajúci príslušník pacienta udáva postupné zhoršovanie uvedených symptómov v priebehu posledných pár mesiacov, pričom nedávno sa pridružili aj príznaky „trasenia“ na konci pohybu. Počas neurologického vyšetrenia sa lekár zameria na hodnotenie postoja (Romberg I, II a III), chôdze, taxie (koordinácie pohybov, zasiahnutia cieľa v priestore) a diadochokinézy (schopnosti vykonávať striedavé rýchle protichodné pohyby). Vyšetrenie odhalí adiadochokinézu (neschopnosť vykonávať striedavé rýchle protichodné pohyby) a intenzný tremor (tras, ktorý je zvýraznený na konci pohybu). Vzhľadom na symptomatológiu pacienta, poškodenie ktorej z nasledujúcich štruktúr mozgu je zodpovedné za pozorované abnormality motoriky?

- A. Predĺžená miecha (Medulla oblongata)
- B. Veľký mozog (Telencephalon)
- C. Most (Pons)
- D. Mozoček

**SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:****D. Mozoček**

Mozoček sa primárne podieľa na riadení pohybovej činnosti a koordinácie pohybov, udržiavaní rovnováhy, vzpriamenej polohy a v regulácii svalového tonusu. Patologický proces postihujúci oblasť mozočka (napr. degeneratívne ochorenia) sa môže prejaviť poruchou postoja (abázia), poruchou chôdze (astázia), poruchou zasiahnutia cieľa v priestore (ataxia), prestrelením pohybu (hypermetria), neschopnosťou rýchleho striedavého zapájania antagonistických svalov (adiadochokinéza), intenzným trasom, hypotóniou svalov alebo poruchou artikulácie (dysartria).



**Obr. č. 17. Mozoček a vybrané príznaky paleocerebelárneho a neocerebelárneho syndrómu** (upravené podľa <https://www.flintrehab.com/cerebellum-brain-damage/> a <https://gbu-taganskij.ru>). Funkčné rozdelenie mozočku: paleocerebellum (spinocerebellum), zahrňujúce vermis (označené fialovou farbou) a strednú časť mozočkových hemisfér (označené bledo-modrou farbou), prijíma “reentry” spojenia z kôry a miechy a podieľa sa na motorickom výkone (paleocerebrálny syndróm súvisí s poruchou postoja a chôdze); neocerebellum (cerebrocerebellum) zahŕňa laterálnu časť cerebelárnych hemisfér, prijíma vstupy z *nuclei pontis* a podieľa sa na plánovaní, iniciácii a načasovaní pohybov (neocerebrálny syndróm charakterizujú poruchy spojené s koordináciou pohybov dolných a horných končatín, tremorom (trasením), artikuláciou a neschopnosťou trafiť cieľ); a vestibulocerebellum prijíma reentry spojenia z vestibulárnych jadier a koordinuje pohyby hlavy a očí vzhľadom na polohu tela.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

### A. Predĺžená miecha (Medulla oblongata)

Medulla oblongata je kľúčovou oblasťou mozgového kmeňa zapojenou do regulácie autonómnych funkcií (vrátane kardiálnej a respiračnej) a reflexných funkcií ako kašeľ, vracanie a kýchanie. Poškodenie predĺženej miechy môže viesť k závažným neurologickým deficitom. Zvyčajne však nie je spojené so stratou koordinácie pohybov a široko založenou chôdzou pozorovanou u pacienta.

### B. Veľký mozog (Telencephalon)

Telencephalon sa podieľa na viacerých vyšších funkciách vrátane motorických pohybov, zmyslového vnímania a kognitívnych funkcií. Zatiaľ čo určité lézie alebo stavy ovplyvňujúce motorickú kôru alebo iné oblasti veľkého mozgu môžu viesť k poruchám motoriky, špecifický

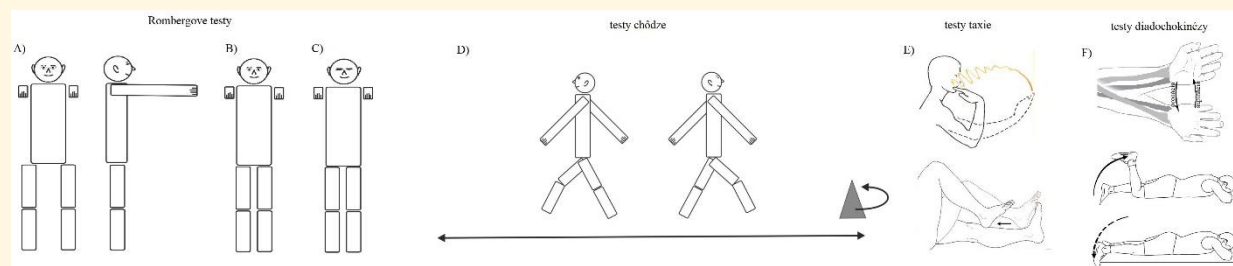
vzor ataxie, adiachokinézy a intenčného tremoru je charakteristickejší pre cerebelárnu dysfunkciu.

### C. Most (Pons)

Pons je súčasťou mozgového kmeňa, ktorý prenáša informácie medzi veľkým mozgom a mozočkom a obsahuje jadrá dôležité pre funkciu hlavových nervov a *arousal* (nabudenie). Aj keď most hrá úlohu v niektorých motorických funkciách prostredníctvom pontínnych jadier, nepredstavuje primárnu štruktúru podieľajúcu sa na pozorovaných deficitoch motorickej koordinácie.

## KLINICKÉ OKIENKO – VYŠETROVACIE METÓDY PRE HODNOTENIE FUNKCIE MOZOČKA

Vyšetrenie funkcie mozočka pozostáva z manévrov pre posúdenie funkcie vermis mozočka a vyšetrenie funkcie hemisfér mozočka. Pri vyšetrovaní funkcie vermis mozočka sa zameriavame na vyšetrenie postoja a chôdze. Vyšetrenie postoja pozostáva z troch manévrov: Romberg I – vyšetrenie postoja pri mierne rozšírenej báze s predpaženými rukami a otvorenými očami; Romberg II – vyšetrenie postoja pri normálnej báze s predpaženými rukami a otvorenými očami a Romberg III – vyšetrenie postoja pri normálnej báze s predpaženými rukami a zatvorenými očami. Pri vyšetrovaní chôdze vyzveme vyšetrovaného, aby prešiel po rovnej čiare s otvorenými očami (so zrkovou kontrolou, chôdza I) a následne so zatvorenými očami (bez kontroly zraku, chôdza II). Pri vyšetrovaní funkcie hemisfér mozočka hodnotíme taxiu a diachokinézu na horných a dolných končatinách. Pri vyšetrovaní taxie na horných končatinách vyzveme vyšetrovaného, aby si po predpažení rúk siahol prstom na nos s otvorenými očami a následne so zatvorenými očami. Pri vyšetrovaní taxie na dolných končatinách, vyzveme vyšetrovaného po zaujatí ležiacej polohy na chrbte s vystretými dolnými končatinami, aby položil päť jednej dolnej končatiny na koleno opačnej dolnej končatiny (päť pravej nohy položí na koleno ľavej nohy a naopak). Pri vyšetrovaní diachokinézy na horných končatinách vyzveme vyšetrovaného, aby po predpažení rýchlo striedal pronáciu a supináciu rúk. Pri vyšetrovaní diachokinézy na dolných končatinách vyzveme vyšetrovaného po zaujatí ležiacej polohy na bruchu, aby rýchlo striedal flexiu oboch dolných končatín v kolenách.



**Obr. č. 18. Testy používané pri vyšetrení funkcií mozôčka** (upravené podľa <https://orl.it/i-tests-per-valutare-il-proprio-equilibrio/>). A) Romberg I, B) Romberg II, C) Romberg III, D) testy chôdze, E) testy taxie a F) testy diadochokinézy.

**Kazuistika č. 3**

CT vyšetrenie u štyridsaťpäťročného pacienta, ktorý utrpel traumatické poranenie mozgu, odhalilo lokalizované pomliaždeniny v ľavom parietálnom laloku. Pacient vykazuje viaceré kognitívne a senzomotorické symptómy. Z hľadiska poznatkov fyziológie CNS, ktoré z nasledujúcich prejavov prezentovaných pacientom zodpovedajú funkčnému deficitu spojenému s poškodením ľavého parietálneho laloka?

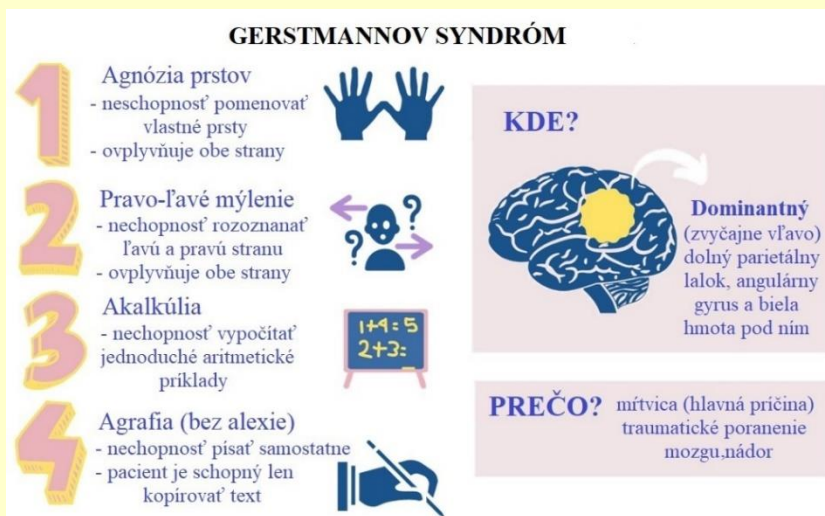
- A. Ťažkosti s písaním (agrafia), ťažkosti s výpočtami a matematickými úlohami (akalkúlia), strata schopnosti rozpoznávať prsty (agnózia prstov) a porucha reči (afázia)
- B. Strata krátkodobej pamäte a rozmazané videnie
- C. Neuropsychiatrické symptómy – poruchy emócií, narušená hybnosť, porucha reči
- D. Svalová hypotónia sprevádzaná hyporeflexiou, manifestovaná neschopnosťou udržať sa vo vzpriamenom postoji (astázia), chôdza so širokou bázou a titubácie (kolísanie sa všetkými smermi s tendenciou k pádu)

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**A. Ťažkosti s písaním (agrafia), ťažkosti s výpočtami a matematickými úlohami (akalkúlia), strata schopnosti rozoznávať prsty (agnózia) a porucha reči (afázia)**

Poškodenie ľavého parietálneho laloku môže viesť k tzv. Gerstmannovmu syndrómu, ktorý je charakterizovaný súborom príznakov postihnutia parietálneho laloku v *gyrus angularis* dominantnej hemisféry ako sú napr. agrafia (porucha písania), akalkúlia (porucha počítania), alexia (porucha čítania), agnózia (strata schopnosti rozpoznávať predmety) a neschopnosť správne určovať pravú a ľavú stranu.

**Obr. č. 19. Základné príznaky vyskytujúce sa pri Gerstmannovom syndróme**



(upravené podľa <https://www.grepmed.com/images/13641/neurology-syndrome-diagnosis-gerstmann>).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Strata krátkodobej pamäte a rozmazané videnie**

Krátkodobá pamäť je primárne spojená s funkciou hipokampu a okolitých štruktúr stredného temporálneho laloku, zatiaľ čo videnie a spracovanie vizuálnych podnetov je spojené hlavne s okcipitálnym lalokom a do určitej miery aj s temporálnym lalokom, preto tieto prejavy nesúvisia s poranením ľavého parietálneho laloku.

**C. Neuropsychiatrické symptómy – poruchy emócií, narušená hybnosť, porucha reči**

Neuropsychiatrické ťažkosti sú typicky spojené s dysfunkciou alebo poranením čelového (frontálneho) laloku, najmä prefrontálneho kortexu, nie parietálneho laloku.

**D. Svalová hypotónia sprevádzaná hyporeflexiou, manifestovaná neschopnosťou udržať sa vo vzpriamenom postoji (astázia), chôdza so širokou bázou a titubácie (kolísanie sa všetkými smermi s tendenciou k pádu)**

Tieto príznaky sú typické pre paleocerebelárny syndróm (t.j. poškodenie vermis mozočka), nie pre poškodenie ľavého parietálneho laloku.



## Kazuistika č. 4

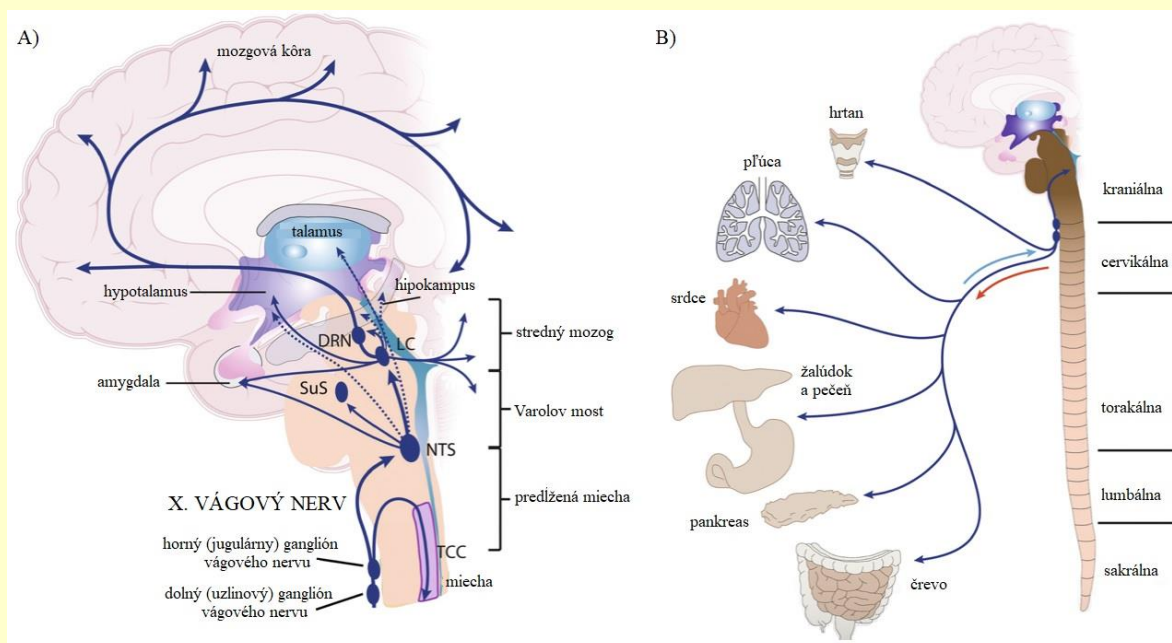
U šesťdesiatosemročného pacienta s anamnézou fibrilácie predsiení došlo k exacerbácii (zhoršeniu, znovuobjaveniu) srdcových arytmií po elektívnej (plánovanej) cholecystektómii (odstránení žlčníka). Vzhľadom na zložitosť neurokardiálnych interakcií, lekár vysvetľuje študentom medicíny dôležitosť jednotlivých hlavových nervov. Následne vyzve študentov, aby identifikovali hlavové nervy, ktoré poskytujú parasympatikovú inerváciu vnútorných orgánov hrudníka a brucha, vrátane srdca (v kontexte potenciálnej modulácie srdcových arytmií). Ktorý z nasledujúcich hlavových nervov je teda primárne zodpovedný za spomínanú parasympatikovú inerváciu?

- A. Vágový nerv (X. *nervus vagus*)
- B. Trojklaný nerv (V. *nervus trigeminus*)
- C. Vedľajší nerv (prídavný nerv, XI. *nervus accessorius*)
- D. Odťahujúci nerv (VI. *nervus abducens*)

## SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:

A. Vágový nerv (X. *nervus vagus*)

Vágový nerv je zmiešaný nerv, ktorý zabezpečuje najmä parasympatikovú inerváciu vnútorných orgánov hrudníka a brucha, vrátane srdca. Parasympatiková aktivita prostredníctvom vágových nervov moduluje srdcovú funkciu napríklad znížením srdcovej frekvencie a znížením sily kontrakcií myokardu.



**Obr. č. 20. Schematické znázornenie úlohy vágového nervu v organizme** (upravené podľa Olsen a kol., 2023). Funkcie vágového nervu sa delia na senzorické a motorické. Senzorické funkcie zahŕňujú somatické (pocity týkajúce sa kože a svalov konkrétne informácie o pocitoch pre kožu za uchom, vonkajšiu časť zvukovodu a určité oblasti hrdla) a viscerálne (pocity týkajúce sa vnútorných orgánov, t.j. hrtanu, pažeráku, pľúc, priedušnice, srdca a väčšiny tráviaceho traktu) zložky. Motorické funkcie vágového nervu zahŕňujú stimuláciu svalov v hltane, hrtane a mäkkom podnebí, srdci (pomáha znižovať pokojovú srdcovú frekvenciu) a mimovoľných kontrakcií v tráviacom trakte, vrátane pažeráka, žalúdka a väčšiny čriev (umožňuje pohyb potravy cez tráviaci trakt). **(A)** sagitálna časť mozgu zobrazujúca vágovú aferentnú dráhu cez jadro solitárneho traktu (*nucleus tractus solitarii*, NTS), *locus coeruleus* (LC), dorzálne motorické jadro (*nucleus raphe dorsalis*, DRN), pregangliové parasimpatikové neuróny (*nucleus salivatorius superior*, SuS), trigeminocervikálny komplex (*nucleus trigeminalis caudalis*, TCC) a jeho cervikálne rozšírenie na C1 a C2 a rôzne oblasti mozgu vrátane komponentov limbického systému, kôry a mozočka; **(B)** orgány inervované eferentnými dráhami vágového nervu.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

### **B. Trojklaný nerv (V. *nervus trigeminus*)**

Trigeminálny nerv je primárne spojený so senzorickou inerváciou tváre a motorickou inerváciou žuvacích svalov. Tento nerv neposkytuje parasimpatikovú inerváciu orgánov hrudníka a brucha a priamo sa nezúčastňuje na regulácii srdca.

### **C. Vedľajší nerv (prídavný nerv, XI. *nervus accessorius*)**

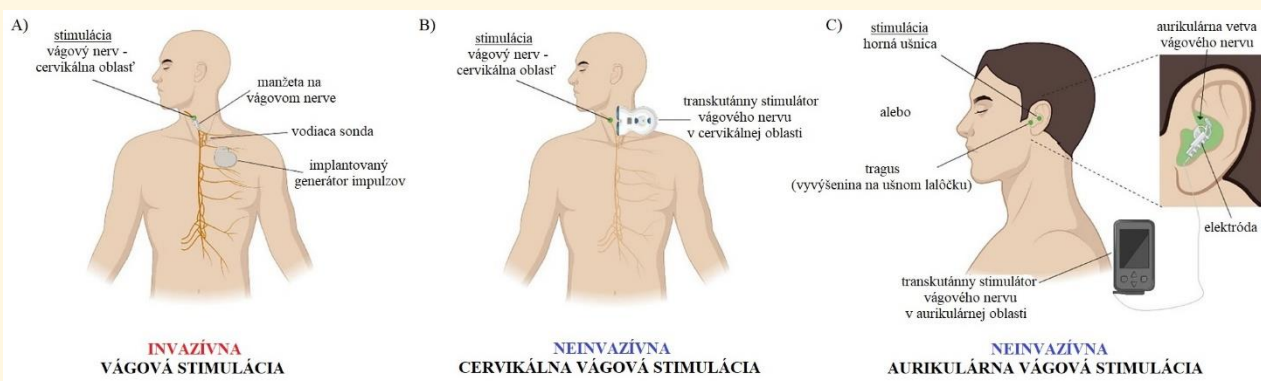
Vedľajší nerv je primárne motorický nerv, ktorý inervuje sternocleidomastoidové svaly (kývače hlavy) a trapézové svaly. Tento nerv nezohráva úlohu v parasimpatikovej inervácii vnútorných orgánov hrudníka a brucha.

### **D. Odtáhovací nerv (VI. *nervus abducens*)**

Odtáhovací nerv je motorický nerv zodpovedný za laterálny pohyb očnej bulvy prostredníctvom inervácie laterálneho priameho svalu. Tento nerv nezohráva úlohu v parasimpatikovej inervácii vnútorných orgánov hrudníka a brucha.

## KLINICKE OKIENKO – VÁGOVÁ NERVOVÁ STIMULÁCIA

**Stimulácia vágového nervu** (VNS, z angl. vagus nerve stimulation) predstavuje užitočný neuromodulačný nástroj na elektrickú stimuláciu vágového nervu, pričom elektrické impulzy prechádzajúce do oblastí mozgu sú schopné meniť aktivitu mozgu pri určitých ochoreniach. Stimuláciu vágového nervu možno vykonať mnohými spôsobmi pomocou rôznych zariadení. **Invazívna VNS** pomocou implantovateľného stimulátora vágového nervu sa používa na liečbu epilepsie a depresie. Zariadenie funguje tak, že vysiela impulzy do oblastí mozgu, ktorých zmeny vedú k záchvatom a ovplyvňujú náladu. Prípadne sa VNS používa na obnovenie funkcie hornej končatiny počas zotavovacích rehabilitácií pri problémoch s používaním ruky alebo ramena po mozgovej príhode, kde stimulácia pomáha vytvárať nové nervové dráhy v mozgu počas cvičenia. Tieto zariadenia sa chirurgicky implantujú pod kožu hrudníka. Po aktivácii zariadenie spôsobí, že sa elektrické signály vysielať pozdĺž ľavého vágového nervu do mozgového kmeňa, ktorý potom ovplyvňuje mozog. Pravý vágový nerv sa zvyčajne nepoužíva, pretože stimulácia by pravdepodobne ovplyvnila aj činnosť srdca. **Neinvazívna VNS** je indikovaná na liečbu bolesti hlavy a migrény, pričom počas terapie dochádza k stimulácii vágového nervu na koži krku alebo v oblasti ušnice. Pri stimulácii dochádza k blokáde signálov bolesti. Cieľom terapie je predísť alebo zmierniť bolesti hlavy. Navyše v súčasnosti sa intenzívne študuje efekt VNS ako potenciálnej terapie rôznych ochorení, napr. reumatoidnej artritídy, zápalového ochorenia čriev, bipolárnej poruchy, obezity a Alzheimerovej choroby.



**Obr. č. 21. Metódy stimulácie vágového nervu používané v klinickej praxi** (upravené podľa Andalib a kol., 2023). (A) invazívna vágová stimulácia, (B) neinvazívna cervikálna vágová stimulácia, (C) neinvazívna aurikulárna vágová stimulácia.

**Kazuistika č. 5**

Matka prichádza s osemročným dievčatom na detskú kliniku, pretože si všimla, že dievčatku pri večeri vyteká čaj cez pravý ústny kútik, ktorý má poklesnutý. Tvár dievčatka celkovo pôsobí asymetricky, okrem poklesnutého ústneho kútika má jedno oko väčšie než druhé, pričom nedokáže úplne zavrieť pravé viečko. Ošetrojúci lekár počas vyšetrenia zisťuje, že dievčatko nedokáže zvrátiť čelo, ani vyšpúliť ústa na pravej strane do špičky a zapískat', prítomná je tiež porucha chuti. Navyše, matka v anamnéze udáva nedávne uhryznutie kliešťom. V tejto súvislosti predstavuje lymfická borelióza (bakteriálna infekcia, ktorá sa na človeka prenáša uhryznutím kliešťom) jednu z najčastejších príčin akútnej parézy (t.j. čiastočného ochrnutia) jedného z hlavových nervov. Na základe klinických príznakov dievčatka, o ktorý hlavový nerv sa jedná?

- A. Okohybný nerv (III. *nervus oculomotorius*)
- B. Kladkový nerv (IV. *nervus trochlearis*)
- C. Tvárový nerv (VII. *nervus facialis*)
- D. Podjazykový nerv (XII. *nervus hypoglossus*)

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****C. Tvárový nerv (VII. *nervus facialis*)**

Tvárový nerv predstavuje zmiešaný nerv, ktorý má somatomotorickú, visceromotorickú, senzitivnu a senzorickú zložku. Delí sa na *n. facialis* a *n. intermedius*.

**Tab. č. 1. Charakteristika *nervus facialis*.**

	inervácia	funkcia
Motorika – horná vetva	<i>musculus (m.) frontalis, m. corrugator supercilii, m. nasalis</i>	dvíhanie obočia zvráštenie čela
	<i>m. orbicularis oculi</i>	zvieranie viečok
	<i>m. stapedius</i>	vnímanie a regulácia zvuku
Motorika – dolná vetva	<i>m. orbicularis oris, m. mentalis, m. buccinator, m.</i>	špúlenie pier úsmev

	<i>levator anguli oris, m. risorius, m. depressor labii inferioris, platysma</i>	
<i>Nervus intermedius</i>	žľazy nosovej dutiny, nosohltanu, slinné a slzné žľazy	tvorba sekréту (sľz, slín) príslušných žľaz
	senzorická	bubienok, vonkajší zvukovod a ušnica
	chuťové vlákna z predných 2/3 jazyka	chuť

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

#### A. Okohybný nerv (III. *nervus oculomotorius*)

Okohybný nerv predstavuje zmiešaný nerv, ktorý obsahuje somatomotorické a visceromotorické vlákna. Somatomotorické vlákna prostredníctvom inervácie *m. rectus medialis superior et inferior, m. obliquus bulbi inferior, m. levator palpebrae superior* sú zodpovedné za pohyby očí nasálne, nahor a nadol, eleváciu viečka a udržiavanie otvorenej očnej štrbiny. Visceromotorické vlákna sú súčasťou parasympatikového nervového systému a prostredníctvom inervácie *m. sphincter papillae* a *m. ciliaris* zodpovedajú za zúženie zrenice a akomodáciu oka.

#### B. Kladkový nerv (IV. *nervus trochlearis*)

Kladkový nerv predstavuje somatomotorický nerv, ktorý prostredníctvom inervácie *m. obliquus bulbi superior* je zodpovedný za pohyb oka laterálne a nadol.

#### D. Podjazykový nerv (XII. *nervus hypoglossus*)

Podjazykový nerv predstavuje motorický nerv, ktorý inervuje všetky intra- a extra- glossálne svaly okrem *m. palatoglossus*. Je zodpovedný za pohyby jazyka potrebné pre reč a prehĺtanie.

**Kazuistika č. 6**

Štyridsaťročná žena prichádza na gynekologickú ambulanciu pre poruchy menštruačného cyklu. Žena taktiež udáva nadmernú únavu v poslednom období, prírastok na váhe a problémy so suchou pokožkou a vypadávaním vlasov. Lekárka má podozrenie na poruchu funkcie štítnej žľazy a odporúča pacientke komplexné endokrinologické vyšetrenie. Z hľadiska fyziologického významu hormónov štítnej žľazy tyroxínu a trijódtyronínu, definujte ich primárnu funkciu v organizme.

- A. Tyroxín a trijódtyronín inhibujú syntézu enzýmov pre glukoneogézu.
- B. Tyroxín a trijódtyronín uvoľňujú kalcitonín.
- C. Tyroxín a trijódtyronín inhibujú rast a maturáciu kostí.
- D. Tyroxín a trijódtyronín stimulujú metabolizmus so zvýšenou spotrebou kyslíka a tvorbou tepla.

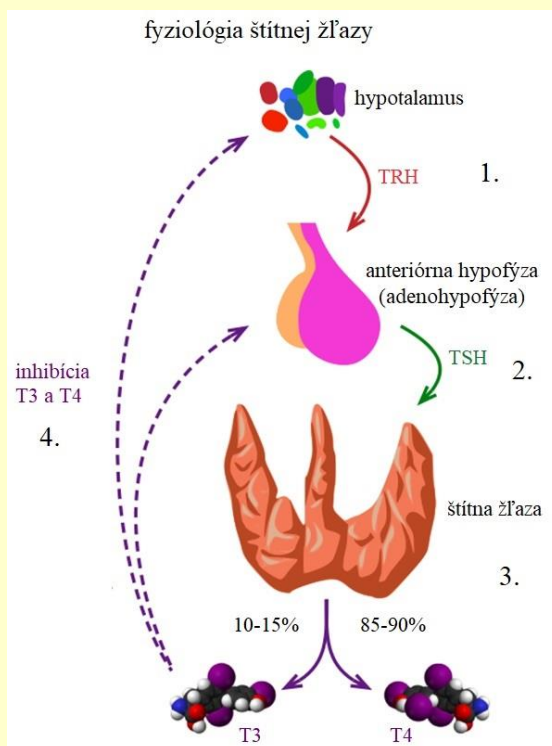
**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**D. Tyroxín a trijódtyronín stimulujú metabolizmus so zvýšenou spotrebou kyslíka a tvorbou tepla.**

Jednou z hlavných úloh tyroxínu a trijódtyronínu je regulácia bazálneho metabolizmu v organizme. Hormóny štítnej žľazy zvyšujú metabolickú aktivitu buniek, čím dochádza k zvýšenej spotrebe kyslíka a produkcii tepla.

**Obr. č. 22. Štítna žľaza a tvorba hormónov štítnej žľazy** (upravené podľa

<https://absolutehealthparis.com/healthy-thyroid-function/>). 1. Z hypotalamu sa uvoľňuje tyreotropný hormón (TRH) stimulujúci adenohypofýzu; 2. následne z adenohypofýzy sa uvoľňuje hormón stimulujúci štítnu žľazu (TSH); 3. štítna žľaza produkuje hormóny: 85-90% tyroxínu (tetrajódtyronín, T<sub>4</sub>) a 10-15% trijódtyronínu (T<sub>3</sub>); 4. pri dostatočnej hladine T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> dochádza spätnoväzobným mechanizmom k ukončeniu stimulácie.





NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Tyroxín a trijódtyronín inhibujú syntézu enzýmov pre glukoneogénu.**

Hormóny štítnej žľazy stimulujú, nie inhibujú syntézu enzýmov potrebných pre glukoneogénu, lipolýzu a proteolýzu, a preto sa podieľajú na zosilnení účinku iných hormónov.

**B. Tyroxín a trijódtyronín uvoľňujú kalcitonín.**

Kalcitonín je hormón produkovaný štítnou žľazou, konkrétne parafolikulárnymi alebo C bunkami, ktorého hlavnou úlohou je kontrola hladiny vápnika v krvi.

**C. Tyroxín a trijódtyronín inhibujú rast a maturáciu kostí.**

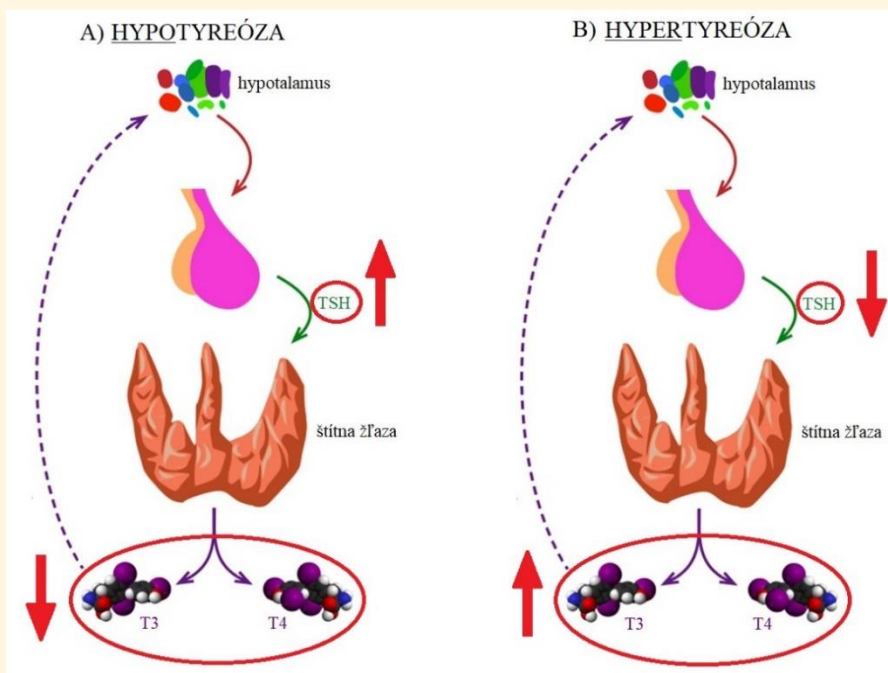
Hormóny štítnej žľazy podporujú rast a maturáciu kostí u detí.

**KLINICKÉ OKIENKO – HYPOTYREÓZA A HYPERTYREÓZA**

**Hypotyreóza** je definovaná ako abnormálne znížená funkcia štítnej žľazy, t.j. nízke hladiny hormónov štítnej žľazy (T3 a T4), naopak, **hypertyreóza** ako abnormálne vysoká aktivita štítnej žľazy (vysoké hodnoty T3 a T4), pozri obr. č. 23.

**Obr. č. 23. Zmeny v hladine hormónov vzhľadom na vybrané ochorenia štítnej žľazy** (upravené podľa absolutehealthparis.com).

A) hypotyreóza (znížená činnosť štítnej žľazy) je charakterizovaná nízkymi hladinami hormónov T3 a T4 a zvýšenou hladinou TSH; B) hypertyreóza (zvýšená činnosť štítnej žľazy) je charakterizovaná zvýšenými hladinami T3 a T4 a nízkou hladinou TSH.



Základné rozdiely medzi hypotyreózou a hypertyreózou sú uvedené v tabuľke č. 2.

**Tab. č. 2. Hlavné rozdiely a základné príčiny a symptómy pri hypotyreóze a hypertyreóze.**

	<b>HYPOTYREÓZA</b>	<b>HYPERTYREÓZA</b>
<b>Hladina hormónov</b>	↓T3, T4; ↑TSH	↑T3, T4; ↓TSH
<b>Činnosť štítnej žľazy</b>	znížená	zvýšená
<b>Príčiny</b>	Hashimotova tyreoiditída (najčastejšie chronický zápal štítnej žľazy), ablácia štítnej žľazy, radiačná liečba nádorov v blízkosti štítnej žľazy s jej následným poškodením, sekundárna-, vrodená-, prechodná-hypotyreóza, popôrodná-, subakútna-, tichá-tyreoiditída, dysfunkcia hypofýzy alebo hypotalamu	<u>Stimulačné príčiny:</u> Gravesova choroba (autoimunitné ochorenie), adenóm hypofýzy <u>Nestimulačné príčiny:</u> toxická multinodulárna struma (zväčšená štítna žľaza), lieky, toxický adenóm štítnej žľazy, subakútna-, akútna-, popôrodná-tyreoiditída, metastatická folikulárna rakovina štítnej žľazy, rakovina vaječníkov produkujúca T4 (struma ovarii) <u>Kombinované (stimulačné aj nestimulačné) príčiny:</u> nodulárna struma
<b>Symptómy</b>	únava, slabosť, letargia, neznášanlivosť chladu, priberanie na váhe napriek zníženému príjmu potravy, edém, artralgia (bolesti kĺbov), myalgie (bolesti svalov), znížené libido, bolesť hlavy, chrapot, pomalé myslenie, zabudlivosť, pomalá reč, depresívna nálada, ťažkosti so sústredením, zápcha, suchá alebo hrubá pokožka, znížené potenie, vypadávanie vlasov, lámavé nechty, amenorea (vynechanie menštruácie) alebo menorágia (nadmerne silné krvácanie), neplodnosť	nervozita alebo bdelosť, emocionálna labilita (úzkosť, podráždenosť alebo psychóza), proximálna svalová slabosť, nespavosť, palpitácie, tréma, zvýšená črevná peristaltika alebo hnačka, nadmerné potenie, tepelná intolerancia, chudnutie napriek zvýšenej chuti do jedla (hypermetabolizmus), oligomenorea (menej časté krvácanie) alebo amenorea

T3 – trijódtyronín, T4 – tyroxín, TSH – hormón stimulujúci štítnu žľazu.



**Kazuistika č. 7**

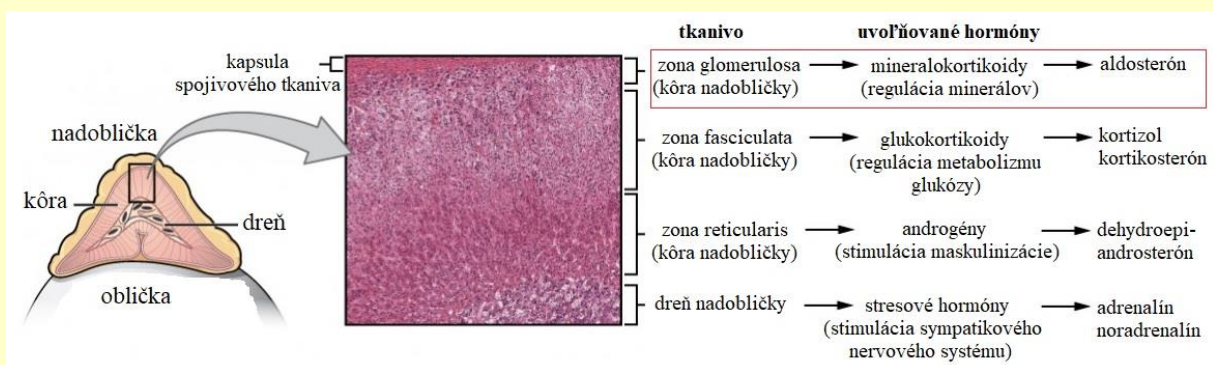
Lekár predstavuje študentom medicíny štyridsaťtriročnú pacientku s pretrvávajúcou hypertenziou, únavou a svalovou slabosťou, pričom spoločne prechádzajú výsledky laboratórnych vyšetrení, ktoré poukázali na abnormálne vysoké hladiny hormónu zodpovedného za rovnováhu hladín sodíka a draslíka v krvi, aldosterónu. V tejto súvislosti, kde je aldosterón produkovaný a vylučovaný?

- A. Parafolikulárne bunky
- B. *Zona reticularis* kôry nadobličiek
- C. *Zona glomerulosa* kôry nadobličiek
- D. *Zona fasciculata* kôry nadobličiek

SPRÁVNA ODPOVEĎ:

**C. *Zona glomerulosa* kôry nadobličiek**

*Zona glomerulosa* predstavuje vonkajšiu vrstvu kôry nadobličiek, ktorá je zodpovedná za produkciu mineralokortikoidov vrátane aldosterónu. Aldosterón hrá kľúčovú úlohu pri regulácii hladín sodíka a draslíka v tele, pričom primárne ovplyvňuje reabsorpciu iónov sodíka a vylučovanie iónov draslíka v obličkách.



**Obr. č. 24. Kôra a dreň nadobličky**

(upravené podľa <https://courses.lumenlearning.com/suny-ap2/chapter/the-adrenal-glands/>).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Parafolikulárne bunky**

Parafolikulárne bunky sa nachádzajú v štítnej žľaze a sú zodpovedné za produkciu kalcitonínu, hormónu zapojeného do homeostázy vápnika.

**B. *Zona reticularis* kôry nadobličiek**

*Zona reticularis* predstavuje najvnútornejšiu vrstvu kôry nadobličiek, ktorá primárne produkuje androgény, t.j. prekursor mužských a ženských pohlavných hormónov.

**D. *Zona fasciculata* kôry nadobličiek**

*Zona fasciculata* predstavuje strednú vrstvu kôry nadobličiek, ktorá produkuje prevažne glukokortikoidy, ako je kortizol, ktorý predstavuje dôležitý stresový hormón.

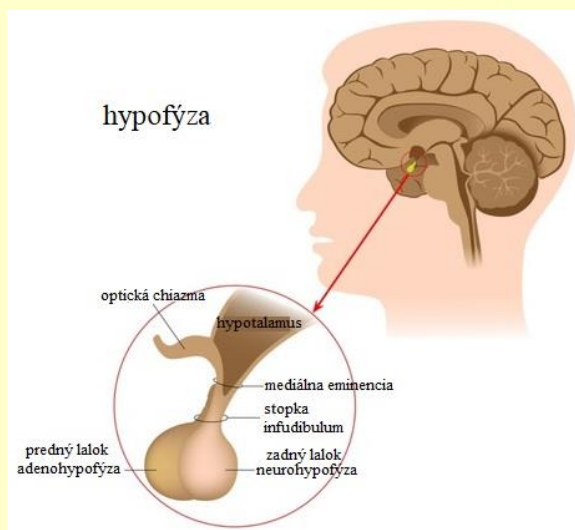
**Kazuistika č. 8**

Lekár počas vizity na endokrinologickej jednotke prichádza so skupinkou študentov medicíny ku šesťdesiattriročnému pacientovi s anamnézou diabetes mellitus a chronickej pankreatitídy, aby si overil vedomosti študentov o multifunkčnosti niektorých žliaz v ľudskom organizme. Lekár položí študentom nasledovnú otázku: „Vzhľadom na duálnu diagnózu nášho pacienta, ktorá z nasledujúcich žliaz neplní endokrinnú aj exokrinnú funkciu?

- A. Pankreas
- B. Obličky
- C. Gonády
- D. Hypofýza

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****D. Hypofýza**

Hypofýza má iba endokrinnú funkciu. Hrá ústrednú úlohu pri regulácii mnohých fyziologických procesov vylučovaním hormónov, ktoré riadia iné endokrinné žľazy a ovplyvňujú rôzne telesné funkcie, ako je rast, metabolizmus a reprodukcia.



**Obr. č. 25. Umiestnenie hypofýzy v mozgu**

(upravené podľa <https://www.symptomy.cz/anatomic/podvesek-mozkovy>).

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Pankreas**

Pankreas má endokrinné aj exokrinné funkcie. Jeho endokrinná funkcia zahŕňa vylučovanie hormónov, ako je inzulín a glukagón, ktoré regulujú hladinu cukru v krvi. Jeho exokrinná funkcia zahŕňa produkciu tráviacich enzýmov, ktoré sa uvoľňujú do tenkého čreva.

### **B. Obličky**

Hoci je oblička známa predovšetkým svojou úlohou pri filtrovaní krvi a tvorbe moču, má aj endokrinné funkcie - produkuje a uvoľňuje hormóny ako renín, ktorý reguluje krvný tlak a erytropoetín, ktorý stimuluje tvorbu červených krviniek.

### **C. Gonády**

Gonády (semenníky u mužov a vaječníky u žien) predstavujú endokrinné aj exokrinné žľazy. Endokrinná funkcia spočíva v produkcii hormónov ako napr. testosterón a estrogény, exokrinná v tvorbe spermií u mužov a vajíčok u žien).

**Kazuistika č. 9**

Detský endokrinológ predkladá študentom medicíny prípad desaťročného dieťaťa nízkeho vzrastu, ktorého výška je pod tretím percentilom jeho veku. Rodičia dieťaťa sú priemernej výšky. Predchádzajúce vyšetrenie nepreukázalo žiadne zjavné skeletálne alebo systémové ochorenie. V tejto súvislosti, lekár zdôrazňuje študentom význam jednotlivých mediátorov raste dieťaťa, najmä kľúčovú úlohu, ktorú zohráva rastový hormón. Vyšetrenie hladín rastového hormónu u dieťaťa bolo v norme, avšak výsledky poukázali na zníženú hladinu iného dôležitého hormónu, ktorého nedostatočnosť je považovaná za jednu z možných príčin nízkeho vzrastu. O aký hormón ide?

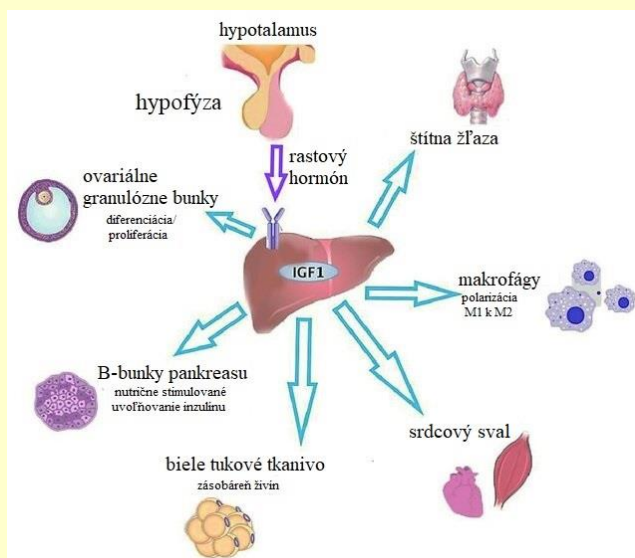
- A. Inzulínu podobný rastový faktor 1 (IGF-1)
- B. Luteinizačný hormón
- C. Lipotropín
- D. Prolaktín

SPRÁVNA ODPOVEĎ:

**A. Inzulínu podobný rastový faktor 1 (IGF-1)**

IGF-1 predstavuje kľúčový hormón pri sprostredkovaní účinkov rastového hormónu, najmä pri podpore rastu kostí a tkanív. Ťažká primárna nedostatočnosť IGF-1 je jednou z príčin nízkeho vzrastu, pričom deti s týmto ochorením sú omnoho nižšie ako ostatné deti v rovnakom veku. Laboratórne vyšetrenie pri tomto ochorení vykazuje nízku hladinu IGF-1 v krvi, pričom hladiny rastového hormónu sú v norme.

**Obr. č. 26. Pôsobenie rastového faktora podobného inzulínu na rôzne tkanivá ľudského tela (IGF-1)** (upravené podľa Aslam a Ghafoor, 2022). IGF-1 sa syntetizuje v pečeni pôsobením rastového hormónu z hypotalamu. IGF-1 podporuje diferenciáciu makrofágov. V kardiovaskulárnom systéme pôsobí IGF-1 ako vazodilatátor a pomáha pri vývoji a ochrane srdcového svalu. IGF-1 má zásadnú úlohu pri stimulácii bunkovej proliferácie, diferenciácie a



akumulácie lipidov. IGF-1 stimuluje uvoľňovanie inzulínu z B-buniek pankreasu. IGF-1 tiež podporuje ovariálnu folikulogézu a funkciu a integritu semenníkov. IGF-1, M1 a M2: fenotypy makrofágov. Modré šípky predstavujú úlohu IGF-1 v rôznych tkanivách ľudského organizmu.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Luteinizačný hormón**

Luteinizačný hormón zohráva dôležitú úlohu v reprodukčnom systéme. Priamo sa nezúčastňuje na pôsobení rastového hormónu.

**C. Lipotropín**

Lipotropín predstavuje hypofýzový hormón mobilizujúci tuk z tukového tkaniva. Priamo sa nezúčastňuje na pôsobení rastového hormónu.

**D. Prolaktín**

Prolaktín je hormón produkovaný prednou hypofýzou, ktorého primárnou úlohou je stimulovať tvorbu mlieka (laktáciu) po pôrode. Priamo sa nezúčastňuje na pôsobení rastového hormónu.

**Kazuistika č. 10**

Dvadsaťštyriročný študent medicíny má pred svojím prvým verejným vystúpením s odbornou prednáškou na študentskej vedeckej odbornej konferencii pocity úzkosti, búšenie srdca a intenzívne sa potí. Počas prednášky mal sucho v ústach, triasol sa mu hlas a niekoľkokrát si nevedel spomenúť na nasledujúci text. Po skončení prednášky si nedokázal spomenúť na prebiehajúcu diskusiu. V tejto súvislosti, ktorý systém sa uplatňuje v priebehu celej odpovede na stresovú záťaž?

- A. Sympatiko-adreno-medulárny systém
- B. Os hypotalamus-hypofýza-nadoblička
- C. Obidva uvedené systémy
- D. Ani jeden z uvedených systémov

**SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:****C. Obidva uvedené systémy**

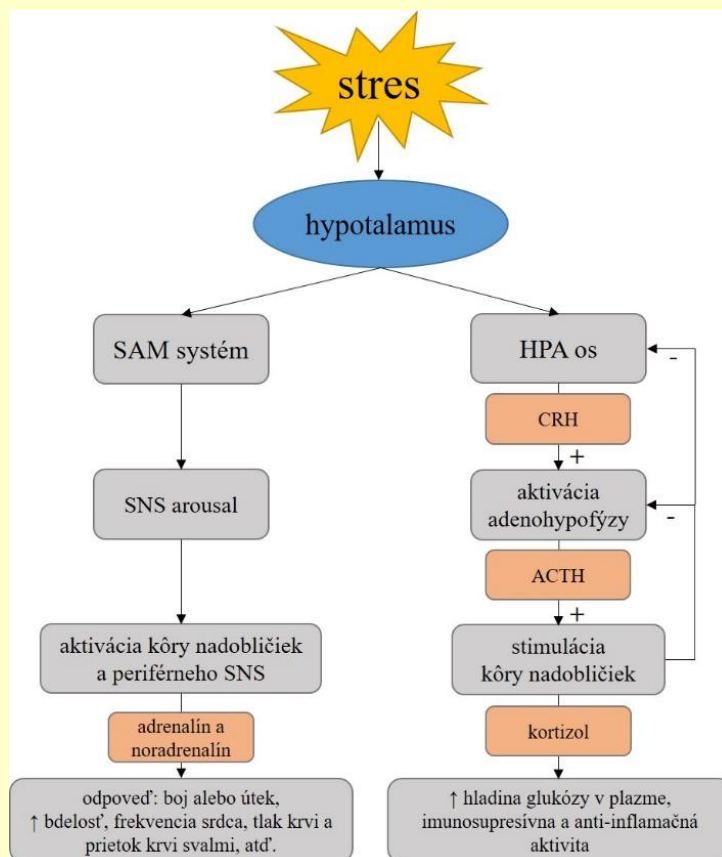
Základné systémy zabezpečujúce neuroendokrinnú odpoveď na pôsobenie stresorov predstavujú sympatiko-adreno-medulárny systém (SAM), ktorý pozostáva zo sympatikoneurálnej zložky a adrenomedulárnej hormonálnej zložky a osi hypotalamus-hypofýza-nadoblička (HPA), ktorý pozostáva z troch zložiek spojených prostredníctvom cievneho systému (neuroendokrinné neuróny *nucleus paraventricularis hypothalami*, kortikotropné endokrinné bunky adenohypofýzy a bunky kôry nadobličiek).

Bezprostredne od začiatku pôsobenia stresora dochádza k vyplaveniu katecholamínov (adrenalinu a noradrenalinu) z drene nadobličiek ako i uvoľneniu noradrenalinu zo sympatikových nervových zakončení. Katecholamíny prostredníctvom stimulácie alfa a beta adrenergických receptorov zvyšujú aktivitu kardiovaskulárneho systému zvýšením minútového objemu prostredníctvom zvýšenia kontrakility a frekvencie srdca. V respiračnom systéme stimulujú dýchanie, majú relaxačný účinok na hladké svaly dýchacích ciest, v cievnom systéme, s výnimkou svalov, vyvolávajú vazokonstrikciu, čo vedie k zvýšeniu periférnej rezistencie a zvýšeniu tlaku krvi, vyvolávajú mydriázu, stimulujú glykogenolýzu, lipolýzu a uvoľňovanie mastných kyselín z tukového tkaniva, znižujú sekréciu inzulínu a naopak zvyšujú hladiny glukagónu.

Neuroendokrinné bunky *nucleus paraventricularis hypothalami* syntetizujú kortikotropín uvoľňujúci faktor (kortikoliberín, CRH). CRH pôsobí na kortikotropné endokrinné bunky adenohipofýzy, ktoré syntetizujú adrenokortikotropný hormón (ACTH). Pôsobenie ACTH na bunky kôry nadobličiek vedie ku syntéze a uvoľneniu glukokortikoidov (kortizol). Zvýšenie plazmatických hladín glukokortikoidov nastáva až po niekoľkých minútach od začiatku pôsobenia stresora. Ich základnou úlohou je zabezpečiť potrebné metabolické zmeny pre fungovanie organizmu počas stresovej situácie, nakoľko aktívne tkanivá majú zvýšené nároky na dodávku energie.

**Obr. č. 27. Stresová reakcia pozostávajúca z aktivácie sympatiko-adreno-medulárneho systému (SAM) a osi hypotalamus-hipofýza-nadobličky (HPA)**

(upravené podľa Sjörs 2010). SNS – sympatikový nervový systém, CRH – kortikotropný hormón, ACTH – adrenokortikotropný hormón, plus (+) označuje aktiváciu, mínus (–) označuje negatívnu spätnú väzbu, kde koncový produkt (kortizol) inhibuje produkciu CRH.



NESPRÁVNE ODPOVEDE:

### A. Sympatiko-adreno-medulárny systém

Neuroendokrinná odpoveď na pôsobenie stresorov je zabezpečená pôsobením nielen sympatiko-adreno-medulárneho systému, ale i pôsobením osi hypotalamus-hipofýza-nadoblička.



**B. Os hypotalamus-hypofýza-nadoblička**

Neuroendokrinná odpoveď na pôsobenie stresorov je zabezpečená pôsobením nielen osi hypotalamus-hypofýza-nadoblička, ale aj pôsobením sympatiko-adreno-medulárneho systému.

**D. Ani jeden z uvedených systémov**

Oba systémy predstavujú hlavné neuroendokrinné systémy zahrnuté v stresovej odpovedi.

#### 4. FYZIOLÓGIA OBLIČIEK A VÝVODNÝCH MOČOVÝCH CIEST – KAZUISTIKY

**Kazuistika č. 1**

U šesťdesiatšedemročného pacienta zotavujúceho sa po operácii brucha lekár pozoruje známky preťaženia tekutinami a zmenenú rovnováhu elektrolytov. Keďže obličky zohrávajú dôležitú úlohu pri udržiavaní homeostázy (stálosti vnútorného prostredia), ktorá z nasledujúcich možností patrí medzi fyziologické funkcie obličiek?

- A. Syntéza vitamínu D
- B. Regulácia erytropoézy
- C. Regulácia krvného objemu a tlaku
- D. Všetky uvedené odpovede

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****D. Všetky uvedené odpovede**

Obličky sa podieľajú na aktivácii vitamínu D, ktorý je nevyhnutný predovšetkým pre vstrebávanie vápnika v črevách. Správny metabolizmus vitamínu D je rozhodujúci pre udržanie zdravia kostí a prevenciu stavov, ako je osteoporóza.

Obličky produkujú a vylučujú hormón erytropoetín, ktorý je zodpovedný za proliferáciu a diferenciáciu prekursorových erytroidných buniek v kostnej dreni (t.j. reguluje erytropoézu) s cieľom pokryť požiadavky tkanív na kyslík).

Obličky napomáhajú regulovať tlak krvi prostredníctvom kontroly objemu cirkulujúcej krvi v organizme. Regulujú reabsorpciu vody a sodíka do krvného obehu podľa potrieb organizmu.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Syntéza vitamínu D**

Obličky sa podieľajú na aktivácii vitamínu D, ktorý je nevyhnutný pre vstrebávanie vápnika v črevách.

**B. Regulácia erytropoézy**

Obličky produkujú a vylučujú hormón erytropoetín, ktorý reguluje erytropoézu.

**C. Regulácia krvného objemu a tlaku**

Obličky napomáhajú regulovať tlak krvi prostredníctvom kontroly objemu cirkulujúcej krvi v organizme.

**Kazuistika č. 2**

Päťdesiatdvaročný pacient prichádza na vyšetrenie do urologickej ambulancie s príznakmi častého močenia malého množstva moču (polakizúria), bolesťami počas močenia (dyzúria) a bolesťami v podbrušku. Lekár má podozrenie na infekciu močových ciest a nariadi diagnostické testy. V moči pacienta boli použitím diagnostických testovacích prúžkov odhalené rôzne patologické súčasti ako leukocyty (hovoríme o pyúrii) alebo bielkoviny (hovoríme o proteinúrii). V tejto súvislosti, ktorá z možností správne popisuje fyziologické súčasti moču?

- A. Voda, urea, kreatinín, kyselina močová, aminokyseliny, chloridy, sulfáty, fosfáty, amónny kation, minerálne látky (sodík, draslík, vápnik, ...)
- B. Voda, urea, kreatinín, kyselina močová, aminokyseliny, chloridy, sulfáty, fosfáty, amónny kation, minerálne látky (sodík, draslík, vápnik, ...), ketolátky
- C. Voda, urea, kreatinín, kyselina močová, aminokyseliny, chloridy, sulfáty, fosfáty, amónny kation, minerálne látky (sodík, draslík, vápnik, ...), bilirubín
- D. Voda, urea, kreatinín, kyselina močová, aminokyseliny, chloridy, sulfáty, fosfáty, minerálne látky (sodík, draslík, vápnik, ...), amoniak

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**A. Voda, urea, kreatinín, kyselina močová, aminokyseliny, chloridy, sulfáty, fosfáty, amónny kation, minerálne látky (sodík, draslík, vápnik, ...)**

Všetky vymenované látky sú považované za fyziologické súčasti moču.

**Obr. č. 28. Percentuálne zastúpenie fyziologických súčastí v moči** (upravené podľa <https://www.bioliiek.sk/vylucovacia-sustava/leukocyty-v-moci/>).



NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Voda, urea, kreatinín, kyselina močová, aminokyseliny, chloridy, sulfáty, fosfáty, amónny kation, minerálne látky (sodík, draslík, vápnik, ...), ketolátky**

Táto možnosť obsahuje jednu látku, ktorá sa za fyziologických okolností v moči nenachádza, konkrétne ketolátky.

**C. Voda, urea, kreatinín, kyselina močová, aminokyseliny, chloridy, sulfáty, fosfáty, amónny kation, minerálne látky (sodík, draslík, vápnik, ...), bilirubín**

Táto možnosť obsahuje jednu látku, ktorá sa za fyziologických okolností v moči nenachádza, konkrétne bilirubín.

**D. Voda, urea, kreatinín, kyselina močová, aminokyseliny, chloridy, sulfáty, fosfáty, minerálne látky (sodík, draslík, vápnik, ...), amoniak**

Táto možnosť obsahuje jednu látku, ktorá sa za fyziologických okolností v moči nenachádza, konkrétne amoniak.

### KLINICKÉ OKIENKO – VYUŽITIE DIAGNOSTICKÝCH PRÚŽKOV

Diagnosticke prúžky sú určené na jednoduchú semikvantitatívnu analýzu moču. Umožňujú získať výsledky rýchlo a majú pomerne vysokú senzitivitu a špecificitu. Podľa typu diagnostických prúžkov je možné analyzovať špecifickú hmotnosť moču, pH moču, prítomnosť bielkovín, glukózy, urobilinogénu, bilirubínu, nitritov, ketolátok, krvi (hemoglobínu) a leukocytov. Toto jednoduché vyšetrenie pomôže odhaliť ochorenia obličiek a urogenitálneho traktu, ochorenia pečene, ale i niektoré metabolické poruchy. Pri vyšetrení je potrebné použiť čerstvý moč. Diagnostický prúžok (všetky jeho reagenčné zóny) sa ponorí do vyšetřovaného moču na 1-2 s, následne sa odstráni prebytočný moč a prúžok sa umiestni do vodorovnej polohy. Po približne 60 s (leukocyty po 120 s) vyhodnotíme zafarbenie reagenčných zón a to porovnaním zafarbenia prúžku s farebnou stupnicou na tube.

**Obr. č. 29. Diagnostické prúžky na testovanie moču**  
(upravené podľa <https://7163496810/diagnosticke-testy/dus-10-premium-testovacie-pruzky-na-moc-100-ks>).



Princípy jednotlivých testov pre často hodnotené parametre: **1. Leukocyty:** Princíp testu spočíva v štiepení karboxylového acid-esteru prostredníctvom štiepnej aktivity esterázy granulocytov, pričom alkoholová zložka uvoľnená pri reakcii reaguje s diazóniovou soľou, čím sfarbí indikátor do fialova. Minimálna citlivosť testovacieho prúžka je 10-25 leukocytov (LEU) v 1  $\mu$ l moču. Farebné odtiene detekčných štvorčiek zodpovedajú nasledujúcim koncentráciám leukocytov pri porovnaní s farebnou škálou na obale: 0 LEU/ $\mu$ l (negatívny výsledok), 25 LEU/ $\mu$ l, 75 LEU/ $\mu$ l, 500 LEU/ $\mu$ l. Falošne pozitívne sfarbenie môže byť spôsobené formaldehydom (ako konzervant), nedostatočnou hygienou, prípadne vaginálnym výtokom u žien. **Nález leukocytov** môže indikovať ochorenie močových ciest vrátane prostaty, ochorenie obličiek, chronickú pyelonefritídu (t.j. bakteriálny intersticiálny zápal obličkového parenchýmu) a iné.

**2. Dusitany (nitrity):** Test sa vykonáva pomocou Griesovho činidla, ktoré obsahuje amín a väzbový komponent. Pri výskyte mikroorganizmov schopných redukovať dusičnany na dusitany sa detekčný štvorček sfarbí na ružovo. Výsledok testu sa hodnotí ako negatívny, alebo pozitívny nález. Falošne pozitívne sfarbenie môže byť spôsobené prítomnosťou kontrastných látok a diagnostických/terapeutických farbív v moči. Falošne negatívne výsledky môžu nastať pri vysokých dávkach kyseliny askorbovej, antibiotickej liečbe, prípadne pri veľkom množstve dusičnanov. **Nález dusitanov** môže indikovať bakteriálne infekcie močového traktu a obličiek (pyelonefritída, polycystitída). Avšak intenzita sfarbenia detekčného štvorčeka (závislosť od koncentrácie dusitanov) neposkytuje informácie o závažnosti infekcie. Navyše negatívny test infekciu močového systému nevylučuje, pretože infekcia môže byť spôsobená baktériami, ktoré neprodukujú dusitany.

**3. Urobilinogén:** Testovací štvorček obsahuje diazóniovú soľ, ktorá sa v reakcii s urobilinogénom sfarbí na tmavo-ružovo až červeno (Ehrlichova reakcia). Farebné odtiene na detekčných štvorčekoch zodpovedajú nasledovným hodnotám: 0,5-1 mg/dl (negatívny výsledok), do 2 mg/dl (resp. 35  $\mu$ mol/l), do 4 mg/dl (75  $\mu$ mol/l), do 8 mg/dl (140  $\mu$ mol/l), do 12 mg/dl (200  $\mu$ mol/l). Absencia urobilinogénu v moči je tiež patologická, ale nedá sa určiť pomocou testovacieho prúžku. Vysoká koncentrácia formaldehydu spomaľuje priebeh testu. Falošne negatívna alebo nižšia hodnota môže byť spôsobená dlhodobším vystavením vzorky priamemu slnečnému žiareniu. Falošne pozitívna alebo príliš vysoká hodnota môže byť spôsobená prítomnosťou kontrastnej látky alebo diagnostického/terapeutického farbiva v moči. **Nález urobilinogénu** môže indikovať akútnu alebo chronickú cirhózu pečene (difúzne postihnutie parenchýmu pečene charakterizované prítomnosťou fibrózy a vznikom

regeneračných uzlov), hemolytickú anémiu (nadmerný rozpad erytrocytov), hepatitídu (vírusové ochorenie spôsobujúce zápal pečene) alebo patologické zmeny tráviaceho traktu.

**4. Proteíny (bielkoviny):** Princíp testu spočíva v tzv. „bielkovinovej chybe“, kde detekčný štvorček obsahuje činidlo stabilizujúce pH. Ak vzorka obsahuje bielkoviny, vplyvom albumínu sa štvorček sfarbí na jemne zelenú až modrú. Farebné odtiene detekčných štvorčekov zodpovedajú nasledujúcim koncentráciám proteínov: 0 mg/dl (negatívny výsledok), 30 mg/dl (0,3 g/l), 100 mg/dl (1 g/l), 500 mg/dl (5 g/l). Falošné pozitívne výsledky sa získajú vtedy, ak je vzorka moču silne zásaditá (t.j.  $\text{pH} \geq 9$ ), pri užívaní liekov obsahujúcich chinín, alebo v prítomnosti dezinfekčných prípravkov vo vzorke (nedostatočné opláchnutie odberovej nádoby). **Nález proteínov** môže indikovať symptomatickú, alebo obličkovú proteinúriu (ochorenie obličiek a močových ciest).

**5. pH:** Základom testu je indikátor, ktorý mení sfarbenie detekčného štvorčeka od oranžovej cez zelenú až po tyrkysovú farbu v závislosti od pH. Farebná škála presne odlišuje koncentrácie pH v rozmedzí 5 až 9. Normálna hodnota pH čerstvého moču od zdravého probanda je okolo 5-6. Falošne zásadité hodnoty môže spôsobovať čisto rastlinná strava, naopak falošne kyslé hodnoty môže spôsobiť vysoká konzumácia mäsových produktov. **Nález pH (zvýšená/znížená hodnota)** môže indikovať poruchy urogenitálneho traktu, acidózu (porucha ideálnej rovnováhy kyselín a zásad v organizme), ketoacidózu (život ohrozujúca komplikácia pri diabete mellitus - zvýšená koncentrácia ketónov a glukózy v moči).

**6. Krv:** Ako indikátor je použitý organický hydroperoxid, kde dochádza k reakcii na základe pseudo-peroxidiázovej vlastnosti hemoglobínu a myoglobínu, čím sa mení sfarbenie indikátora do zelena. Minimálna citlivosť testovacieho prúžku je 5 až 10 erytrocytov v 1  $\mu\text{l}$  moču, čo zodpovedá približne 0,015 mg hemoglobínu v 1 dl moču. Neporušené erytrocyty (ERY) sú indikované farebnými škvrnami na detekčnom štvorčeku. Farebné odtiene štvorčekov zodpovedajú nasledujúcim koncentráciám krvi pri porovnaní s farebnou škálou vytlačenou na tube: 0 ERY/ $\mu\text{l}$  (negatívny výsledok), 5-10 ERY/ $\mu\text{l}$ , 50 ERY/ $\mu\text{l}$ , 250 ERY/ $\mu\text{l}$ . Falošná pozitívna reakcia môže byť spôsobená zostatkom peroxidu vo vzorke (napr. nedostatočné opláchnutie odberových nádobiek po použití čistiacich prostriedkov). **Nález krvi** môže indikovať infekciu obličiek, močových ciest, nádory vylučovacieho systému, močové kamene – urolitiázu, alebo obličkové cysty.

**7. Hustota/špecifická hmotnosť:** Pomocou testu sa stanovuje koncentrácia iónov v moči. Sfarbenie detekčného štvorčeka je od silno modrej (vzorka moču s nízkou koncentráciou iónov) až po žltú (vzorka s vysokou koncentráciou iónov). Sfarbenie indikuje hustotu moču v koncentráciách 1000 až 1030 mg/dl. Fyziologická hodnota u dospelých osôb s pravidelným



příjmom potravy a tekutín je v intervale 1015-1025 mg/dl. **Zmena špecifickej hmotnosti** môže indikovať poruchy koncentračnej schopnosti obličiek, zmeny hydratácie organizmu, užívanie diuretík (lieky zvyšujúce vylučovanie vody z organizmu), diabetes mellitus (metabolické ochorenie spojené so zvýšenou hladinou glukózy v krvi) alebo diabetes insipidus (ochorenie spojené s nedostatkom antidiuretického hormónu, problém s reguláciou tekutín).

**8. Ketóny (ketolátky):** Princíp testu spočíva v Legalovej reakcii, kde kyselina aceto-octová a acetón v alkalickom prostredí s nitroprusidom sodným sfarbia detekčný štvorček na fialovo. Farebné odtiene detekčných štvorčekov zodpovedajú nasledujúcim koncentráciám ketolátok: 0 mg/dl (negatívny výsledok), 25 mg/dl (resp. 2,5 mmol/l, označenie +), 100 mg/dl (10 mmol/l, ++), 300 mg/dl (30 mmol/l, +++). **Nález ketónov** môže indikovať poruchu a vrodené chyby metabolizmu, ketoacidózu a diabetes mellitus.

**9. Bilirubín:** Testovací štvorček sa sfarbí v reakcii s diazóniovou soľou v kyslom prostredí na červeno. Farebné odtiene detekčných štvorčekov zodpovedajú nasledujúcim koncentráciám bilirubínu: 0 mg/dl (negatívny výsledok), 1 mg/dl (17  $\mu$ mol/l, +), 2 mg/dl (35  $\mu$ mol/l, ++), 4 mg/dl (70  $\mu$ mol/l, +++). Falošne negatívne výsledky môžu vzniknúť pri vyššej koncentrácii kyseliny askorbovej alebo dusitanov, prípadne ak je vzorka dlhodobo vystavená priamemu slnečnému žiareniu. **Nález bilirubínu** môže indikovať cirhózu pečene, mechanická obštrukcia žlčovodov, alebo polycystózu pečene.

**10. Glukóza:** Princíp testu je založený na reakcii glukooxidázy – katalyzátora oxidácie glukózy. Farebné odtiene detekčných štvorčekov zodpovedajú nasledujúcim koncentráciám glukózy: 0 mg/dl (žlté alebo jemne zelené sfarbenie, negatívny výsledok), 50 mg/dl (2,8 mmol/l), 150 mg/dl (8,3 mmol/l), 500 mg/dl (27,8 mmol/l), 1000 mg/dl (55,5 mmol/l). Čím intenzívnejšie sfarbenie do zelena až modro-zelena, tým vyššia koncentrácia glukózy v moči. Falošne pozitívny výsledok môže spôsobiť obsah peroxidu vo vzorke (nedostatočné opláchnutie odberovej nádoby od čistiacich prostriedkov). **Nález glukózy** môže indikovať akútny, začínajúci diabetes mellitus alebo glykozúriu z iných príčin (zvýšené množstvo glukózy v moči  $\geq 0,72$  mmol/24 hod).

**Kazuistika č. 3**

Matka prichádza so štvorročným, doposiaľ zdravým, chlapcom k pediatriovi pre pretrvávajúce opuchy dolných končatín a viečok, ktoré sú najvýraznejšie ráno. Navyše matka udáva, že syn chodí menej často močiť. Vyšetrenie moču diagnostickým prúžkom poukázalo na proteinúriu (pozitívny nález bielkovín v moči). Vyšetrenie krvi odhalilo hypoalbuminémiu (zníženú hodnotu plazmatického albumínu). Chlapcovi je stanovená diagnóza nefrotického syndrómu, ktorý je charakterizovaný proteinúriou nad 1000 mg/24h a hypoalbuminémiou pod 24 g/l, väčšinou v spojení s edémami. V tejto súvislosti, ktorá z možností správne popisuje fyziologickú proteinúriu v dospelosti?

- A. menej ako 150 mg bielkovín za 24 h
- B. 150 až 1000 mg bielkovín za 24 h
- C. menej ako 50 mg bielkovín za 24 h
- D. nad 1000 mg bielkovín za 24 h

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****A. menej ako 150 mg bielkovín za 24 h**

Za fyziologických okolností do moču neprejde viac ako 150mg bielkovín za 24 hodín u dospelého človeka. Bielkoviny v moči sa môžu zjaviť predovšetkým pri zmene polohy tela, po ťažkej fyzickej námahe, emočnom strese, alebo po príjme potravy s vysokým obsahom bielkovín.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****B. 150 až 1000 mg bielkovín za 24 h**

Táto odpoveď nie je správna, pretože pri koncentrácii bielkovín v moči v intervale od 150 mg do 1000 mg za 24 hodín u dospelého človeka hovoríme o malej (predovšetkým tubulárnej) proteinúrii, ku ktorej dochádza pri poruche spätnej resorpcie normálne filtrovaných bielkovín v proximálnom tubule (napr. pri bakteriálnych zápaloch obličkových panvičiek alebo užívaní nefrotoxicky pôsobiacich liekov).

**C. menej ako 50 mg bielkovín za 24 h**

Táto možnosť nie je správna, pretože fyziologická proteinúria u dospelého človeka je definovaná ako koncentrácia bielkovín v moči pod 150 mg za 24 hodín (nie menej ako 50 mg za 24 hodín).

**D. nad 1000 mg bielkovín za 24 h**

Táto odpoveď nie je správna, pretože pri koncentrácii bielkovín v moči vyššej ako 1000 mg za 24 hodín u dieťaťa, t.j. v pediatrii (pozn.: u dospelého pri koncentrácii bielkovín v moči vyššej ako 3500 mg/24 hod.), hovoríme o veľkej proteinúrii, ku ktorej dochádza napr. pri poškodení bazálnej membrány glomerulov (napr. pri nefrotickom syndróme, alebo glomerulonefritídach).

**Kazuistika č. 4**

Dvadsaťpäťročná žena prichádza k svojej všeobecnej lekárke na preventívnu prehliadku. Momentálne nemá žiadne zdravotné ťažkosti. V rámci preventívnej prehliadky je žene odobratá krv a odoslaná na laboratórne vyšetrenie. Pri kontrole laboratórných výsledkov lekárka zisťuje abnormálne hladiny vápnika a fosfátov. Ktorá z nasledujúcich možností označuje hormón pochádzajúci z obličiek a podieľajúci sa na regulácii hladín vápnika v organizme?

- A. Erytropoetín
- B. Kalcitriol
- C. Kreatinín
- D. Parathormón

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. Kalcitriol**

Kalcitriol, tiež nazývaný 1,25-dihydroxycholecalciferol alebo 1,25-dihydroxy vitamín D3, je hormonálne aktívny metabolit vitamínu D s tromi hydroxylovými skupinami. Kalcitriol zvyšuje hladinu vápnika ( $\text{Ca}^{2+}$ ) v krvi tým, že zvyšuje vychytávanie vápnika z čreva do krvi, zvyšuje spätné vstrebávanie (reabsorpciu) vápnika obličkami a prípadne zvyšuje uvoľňovanie vápnika do krvi z kostí.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Erytropoetín**

Erytropoetín, tiež známy ako EPO, hematopoetín alebo hemopoetín, predstavuje glykoproteínový hormón, ktorý stimuluje proliferáciu a diferenciáciu prekursorových erytroidných buniek v kostnej dreni. Erytropoetín je produkováný predovšetkým bunkami glomerulárneho mezangia v obličkách. Nepodieľa sa na regulácii hladín vápnika v organizme.

**C. Kreatinín**

Kreatinín predstavuje konečný produkt svalového metabolizmu (chemický odpadový produkt), ktorý sa v obličkách z krvi odfiltruje a vylúči z tela močom.

#### **D. Parathormón**

Parathormón predstavuje polypeptid, ktorý sa podieľa na regulácii koncentrácie vápnika a fosfátov v plazme, ale je syntetizovaný prištítnymi telieskami (*glandulae parathyroideae*), nie obličkami.

**Kazuistika č. 5**

Tridsaťsedemročná tehotná žena prichádza na pravidelnú kontrolu do gynekologickej poradne. Žena neudáva žiadne ťažkosti. Orientačné vyšetrenie moču diagnostickými prúžkami však poukázalo na glykozúriu (zvýšené množstvo glukózy v moči). V tejto súvislosti, ktorá z možností správne popisuje hodnotu koncentrácie glukózy v plazme, pri ktorej sa zjavujú jej prvé stopy v moči, čo označujeme ako renálny prah pre glukózu?

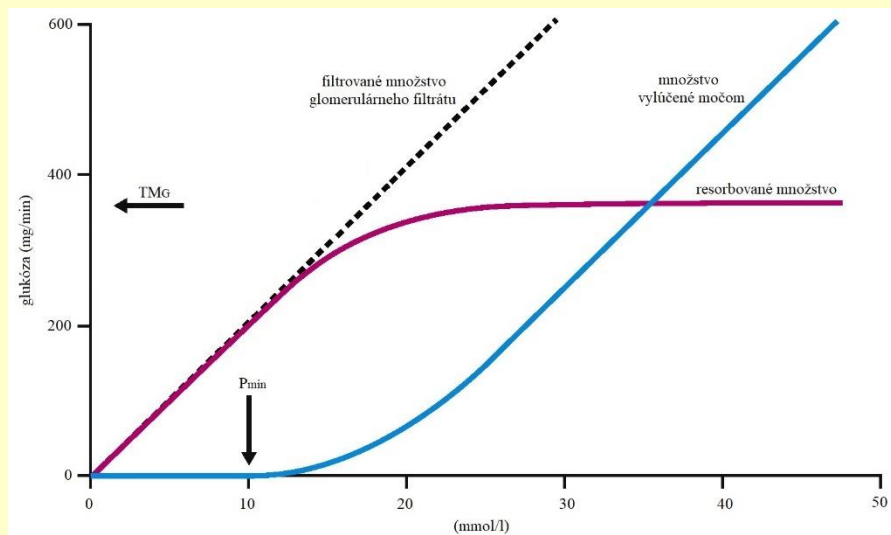
- A. 3 - 4 mmol/l
- B. 10 - 12 mmol/l
- C. 8 - 9 mmol/l
- D. 5 - 7 mmol/l

**SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:**

**B. 10 - 12 mmol/l**

Pri plazmatickej koncentrácii glukózy presahujúcej hodnotu 10 – 12 mmol/l sa objavujú aj prvé stopy glukózy v moči.

**Obr. č. 30. Vzťah medzi glomerulárnou filtráciou glukózy pri fyziologickej glomerulárnej filtrácii, spätnou resorpciou a exkréciou glukózy v závislosti od jej koncentrácie v plazme (upravené podľa Javorka a kol. 2021). Pri normálnej plazmatickej**



koncentracii glukózy (3,05 – 6,4 mmol/l) sa glukóza kompletne resorbuje do krvi, čiže sa v moči nevyskytuje. Pri postupnom zvyšovaní koncentrácie glukózy v plazme sa proporcionálne zvyšuje aj jej resorpcia, čiže stále nedochádza k vylučovaniu glukózy do moču. Po prekročení plazmatickej koncentrácie glukózy nad 10 – 12 mmol/l dochádza k jej vylučovaniu do moču. Pri ďalšom zvyšovaní plazmatickej koncentrácie glukózy sa zvyšuje aj množstvo glukózy vylučované močom. Vylúčené

množstvo glukózy močom sa zvyšuje nelineárne po plazmatickú koncentráciu glukózy 20 mmol/l, kedy sa presiahne celková kapacita tubulárnej resorpcie glukózy a celý prírastok glukózy sa vylúči do moču.  $T_{MG}$  – celková kapacita renálnych tubulov pre resorpciu glukózy,  $P_{min}$  – minimálny renálny prah pre glukózu.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. 3 - 4 mmol/l**

**C. 8 - 9 mmol/l**

**D. 5 - 7 mmol/l**

Uvedené odpovede nesprávne označujú hodnotu plazmatickej koncentrácie glukózy, pri ktorej dochádza k objaveniu prvých stôp glukózy v moči.

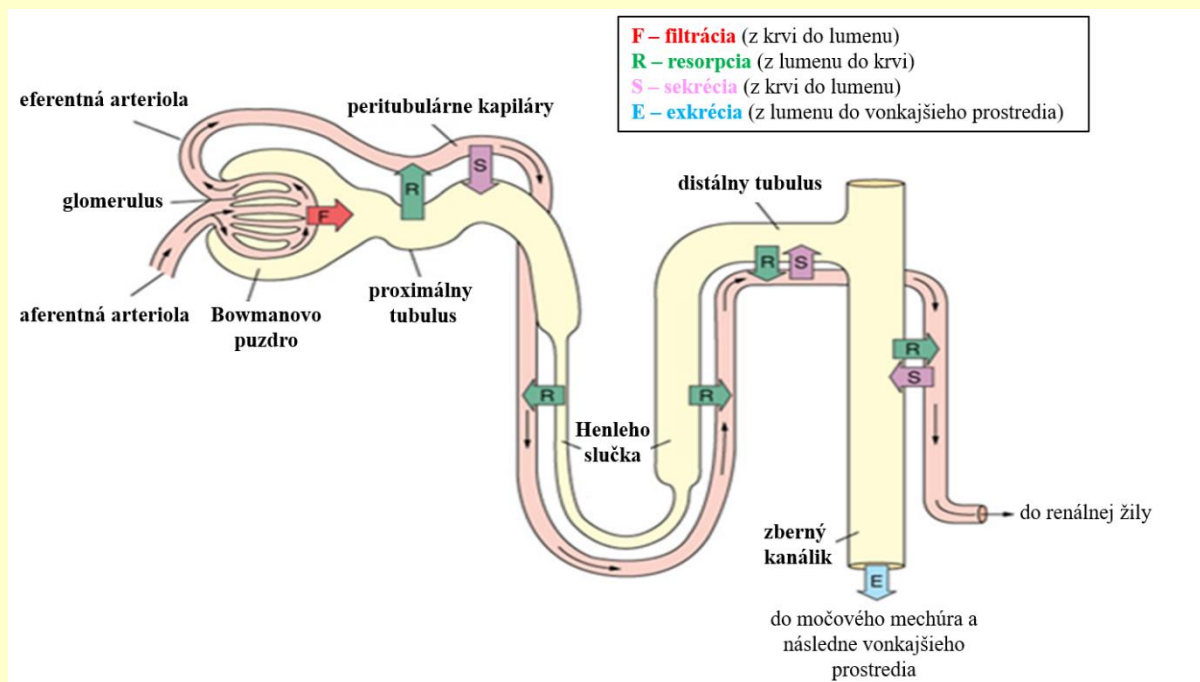
**Kazuistika č. 6**

Počas vizity na internej klinike sa lekár so študentami medicíny pristaví pri šesťdesiattriročnom pacientovi s chronickým ochorením obličiek, ktoré je charakterizované postupnou stratou funkcie obličiek. Vzhľadom na dôležitú úlohu obličiek pri exkrécii odpadových látok z organizmu do vonkajšieho prostredia a z hľadiska porozumenia procesov glomerulárnej filtrácie, resorpcie, sekrécie a exkrécie v obličkách, sa lekár pýta študentov, ktoré z nasledujúcich tvrdení by označili za správne?

- A. Glomerulárna filtrácia je proces, pri ktorom sa ultrafiltráciou krvnej plazmy v obličkách tvorí glomerulárny filtrát (primárny moč).
- B. Tubulárna resorpcia je proces aktívneho transportu a kotransportu rozpustených látok cez filtračnú membránu do peritubulárnej extracelulárnej tekutiny a následne do peritubulárnych kapilár.
- C. Pri tubulárnej sekrécii dochádza k odovzdávaniu odpadových látok do moču.
- D. Všetky uvedené odpovede.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**D. Všetky uvedené odpovede.**



**Obr. č. 31. Procesy fyziologickej funkcie obličiek (upravené podľa <https://books.lib.uoguelph.ca/human-physiology/chapter/kidney-filtration-and-reabsorption/>).**



Glomerulárna filtrácia predstavuje filtráciu krvnej plazmy pretekajúcej cez kapiláry glomerulov, čoho výsledkom je vznik glomerulárneho filtrátu. Tubulárna resorpcia je spätné vstrebávanie vody a iných dôležitých látok v kanálikoch obličky. Tubulárna sekrécia predstavuje transport látok z krvi do lúmenu tubulov. Exkrécia predstavuje vylúčenie definitívneho moču s odpadovými látkami cez vývodné močové cesty von z organizmu.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Glomerulárna filtrácia je proces, pri ktorom sa ultrafiltráciou krvnej plazmy v obličkách tvorí glomerulárny filtrát (primárny moč).**

**B. Tubulárna resorpcia je proces aktívneho transportu a kotransportu látok cez filtračnú membránu do peritubulárnej extracelulárnej tekutiny a následne do peritubulárnych kapilár.**

**C. Pri tubulárnej sekrécii dochádza k odovzdávaniu odpadových látok do moču.**

Každá odpoveď je správna.

**Kazuistika č. 7**

Sedemdesiattriročný pacient prichádza na pohotovosť kvôli nevoľnosti, vracaniu a bolesti brucha. Pacient v anamnéze udáva, že mu nedávno bol k súčasnej liečbe hypertenzie pridaný ďalší liek. Od sprevádzajúceho príbuzného vieme, že ide o kálium šetriace antidiuretikum spironolaktón, ktoré je veľmi účinné v liečbe rezistentnej hypertenzie. Spironolaktón predstavuje kompetitívneho antagonistu aldosterónu. Na základe poznatkov z fyziológie obličiek o základnej funkcii aldosterónu, ktorá z nasledujúcich možností môže predstavovať príčinu pacientovho klinického stavu?

- A. Hypokaliémia
- B. Hyperkaliémia
- C. Hyperkalciémia
- D. Hypernatriémia

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. Hyperkaliémia**

Príčinou príznakov pacienta je hyperkaliémia, t.j. zvýšenie koncentrácie draslíka v krvi nad fyziologické hodnoty. Spironolaktón pôsobí opačne ako hormón kôry nadobličiek aldosterón, ktorý spôsobuje spätnú resorpciu sodíkových iónov a vylučovanie draslíkových a vodíkových iónov v tubuloch obličiek. Spironolaktón blokuje mineralokortikoidné receptory v dolnej časti distálnych tubulov a v zberných kanálikoch, čím zvyšuje vylučovanie sodíka a súčasne znižuje vylučovanie draslíka.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Hypokaliémia**

Hypokaliémia znamená zníženie hladiny draslíka v krvi pod 3,5 mmol/l, ku ktorej môže dochádzať napr. pri zvýšených renálnych stratách draslíka pri užívaní kľúčkových diuretík (furosemid) prostredníctvom zvýšeného prietoku draslíka cez distálny nefrón.

**C. Hyperkalcémia**

Hyperkalcémia sa môže prejavovať gastrointestinálnymi príznakmi vrátane nevoľnosti (nauzey) a vracania. Anamnéza pacienta však túto možnosť nepodporuje.

**D. Hyponatriémia**

Pri hyponatriémii, t.j. poklese hladiny sodíka v krvi pod 130 mmol/l, dochádza k bunkovej hyperhydratácii (predovšetkým k edému mozgu) a preto prevažuje neurologická symptomatológia. Medzi ďalšie príznaky patrí i nauzea a vracanie. Z hľadiska diuretickej farmakoterapie, k hyponatriémii môžu prispievať tiazidové diuretiká.

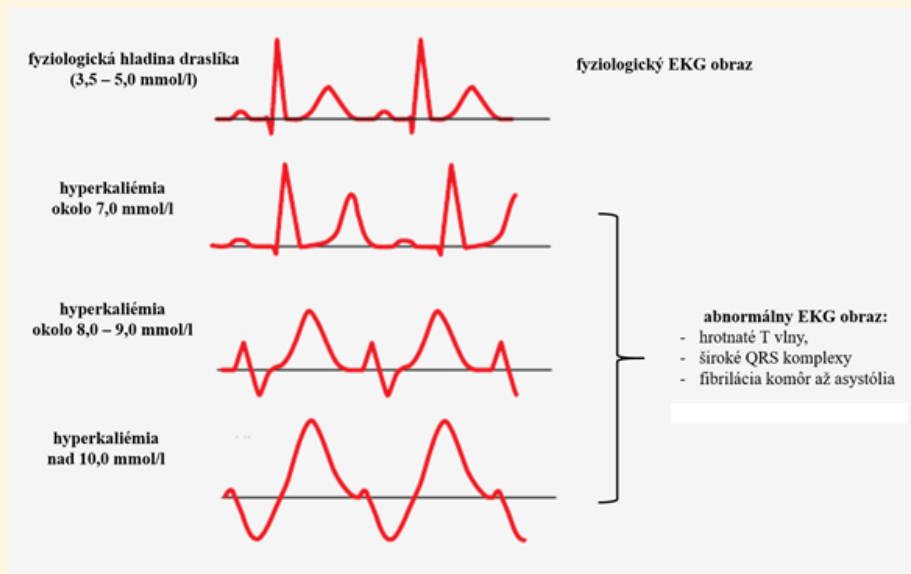
**KLINICKÉ OKIENKO – HYPERKALIÉMIA, HYPOKALIÉMIA A EKG**

Fyziologická hladina draslíka v sére sa u dospelých pohybuje v rozmedzí 3,6 – 5,4 mmol/l. Hyperkaliémia u dospelých je definovaná ako zvýšenie hladiny draslíka nad 5,4 mmol/l, pričom zvýšenie nad 6,0 mmol/l sa považuje za vážnu hyperkaliémiu a zvýšenie nad 7,0 mmol/l predstavuje život ohrozujúci stav. Opačná situácia, hypokaliémia je definovaná ako pokles hladiny draslíka pod 3,6 mmol/l. Mierna hypokaliémia znamená zníženie hladiny draslíka v rozmedzí 3,0 – 3,6 mmol/l, o stredne ťažkej hypokaliémii hovoríme pri znížení hladiny draslíka v rozmedzí 2,5 – 3,0 mmol/l a závažná hypokaliémia je pri poklese hladiny draslíka pod 2,5 mmol/l. Hodnoty draslíka pod 1,5 mmol/l predstavujú život ohrozujúci stav. Oba stavy v zmysle závažnej hyper-/hypokaliémie môžu viesť ku srdcovým arytmiám. Hyperkaliémia spomaľuje vedenie cez prevodový systém srdca (predovšetkým sinoatriálny a átrioventrikulárny uzol), zatiaľ čo hypokaliémia predlžuje repolarizáciu predsiení a komôr.

*Hyperkaliémia a EKG*

So stúpajúcou hladinou draslíka postupne vznikajú hrotnaté vlny T (predovšetkým v prekardiálnych zvodoch), ktoré môžu byť vyššie ako R kmit, široké QRS komplexy až fibrilácia komôr a asystólia. Pri širokých QRS komplexoch je potrebné myslieť na hyperkaliémiu. Je dôležité poznamenať, že hladina draslíka nie vždy koreluje s EKG obrazom (napr. pacienti môžu mať závažnú hyperkaliémiu, ale relatívne fyziologický EKG záznam).

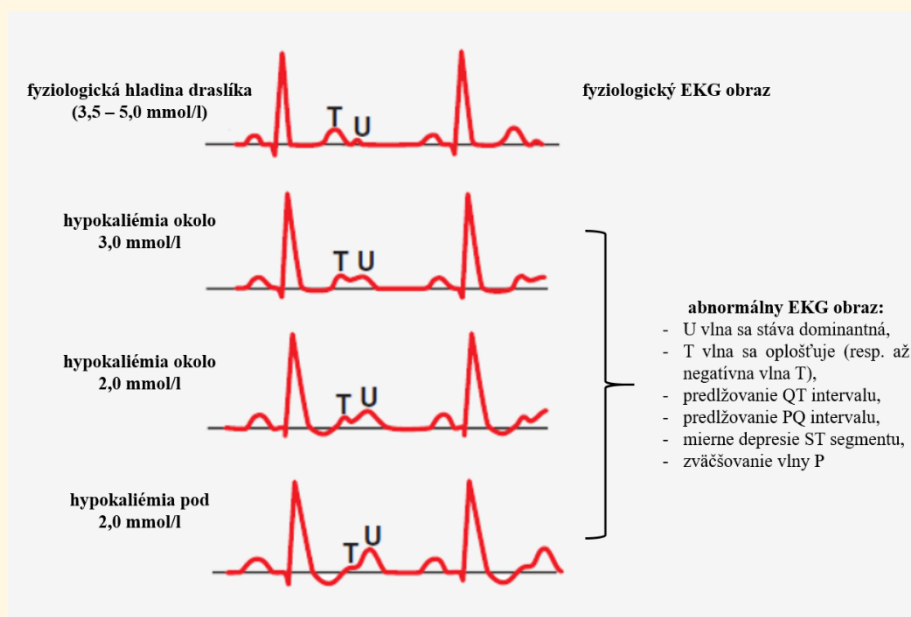
**Obr. č. 32. EKG obraz pri hyperkaliémii**  
(upravené podľa Blahút 2017).



### *Hypokaliémia a EKG*

EKG zmeny vznikajú pri poklese hladiny draslíka pod 2,7 mmol/l, pričom postupne vzniká dominantná vlna U, predlžovanie QT (resp. QU) intervalu, plochá až negatívna vlna T, predlžovanie PQ intervalu, mierne depresie ST segmentu, zväčšovanie vlny P. Je dôležité opäť zdôrazniť, že stupeň hypokaliémie slabo koreluje s EKG obrazom. Hypokaliémia je často spojená so vznikom arytmií – supraventrikulárne arytmie (flutter a fibrilácia predsiení alebo fokálna predsieňová tachykardia), komorové arytmie (komorová tachykardia, fibrilácia komôr, Torsades de Pointes – syndróm dlhého QT, predsieňová tachykardia) a extrasystoly (predsieňové, junkčné alebo komorové).

**Obr. č. 33. EKG obraz pri hypokaliémii**  
(upravené podľa Blahút 2017).



**Kazuistika č. 8**

Päťdesiatšesťročná pacientka s diabetes mellitus I. typu prichádza do diabetologickej ambulancie na pravidelné skriningové vyšetrenie z hľadiska včasnej diagnostiky prítomnosti diabetickej nefropatie. Laboratórne skriningové metódy zahŕňujú stanovenie prítomnosti albumínu a kreatinínu v moči, vyšetrenie hladiny sérového kreatinínu a vyšetrenie glomerulárnej filtrácie. Glomerulárnu filtráciu je možné merať na základe klírensu látok voľne sa filtrujúcich v glomeruloch bez následnej resorpcie alebo sekrécie v tubuloch. Daná látka nesmie byť toxická, nesmie sa viazať na plazmatické bielkoviny a musí byť inertná. Ktorá z nasledujúcich látok sa najčastejšie využíva na stanovenie veľkosti glomerulárnej filtrácie?

- A. Inulín
- B. Kreatinín
- C. Albumín
- D. Ani jedna z uvedených možností

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. Kreatinín**

V klinickej praxi sa vyšetruje klírens endogénneho kreatinínu. Kreatinín predstavuje látku, ktorá sa tvorí v organizme, pričom má relatívne stabilnú koncentráciu v plazme. Kreatinín je do moču vylučovaný prevažne glomerulárnou filtráciou, avšak čiastočne aj tubulárnou sekréciou, preto je klírens kreatinínu o približne 10-20 % nadhodnotený nad skutočnou hodnotou glomerulárnej filtrácie.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Inulín**

Inulín je exogénna látka, ktorá umožňuje najreálnejšie stanoviť hodnotu glomerulárnej filtrácie. Je to polysacharid tvorený zo základných fruktózových jednotiek, ktorý voľne prechádza glomerulárnou membránou a pri prechode tubulmi sa jeho množstvo nemení. Preto sa celé prefiltrované množstvo vylúči do definitívneho moču. Vyšetrenie klírensu inulínu však patrí medzi finančne nákladné a časovo náročné metódy a v praxi sa bežne nevyužíva.

**C. Albumín**

Albumín patrí medzi bielkoviny krvnej plazmy, ktoré za fyziologických okolností neprechádzajú do moču.

**D. Ani jedna z uvedených možností**

Táto možnosť nie je správna, pretože správnu odpoveďou je kreatinín .

**Kazuistika č. 9**

Päťdesiatšedemročný pacient sa po operácii v blízkosti hypofýzy sťažuje na veľký pocit smädu (polydipsia) a močenie veľkého množstva moču (polyúria). Ošetrojúci lekár má podozrenie na diabetes insipidus centralis, ktorý je následnými vyšetreniami potvrdený. Diabetes insipidus centralis predstavuje ochorenie spôsobené nedostatkom antidiuretického hormónu (ADH), ktorý sa tvorí v *nucleus supraopticus* a *nucleus paraventricularis* hypotalamu, odkiaľ je transportovaný prostredníctvom výbežkov neuroendokrinných buniek do neurohypofýzy a následne uvoľňovaný do krvného obehu. Aká je základná fyziologická funkcia ADH v organizme?

- A. Reguluje množstvo vody resorbovanej distálnymi tubulmi a zbernými kanálkami
- B. Reguluje množstvo vody resorbovanej proximálnymi tubulmi a zbernými kanálkami
- C. Reguluje množstvo vody resorbovanej proximálnymi a distálnymi tubulmi
- D. Reguluje množstvo vody resorbovanej distálnymi tubulmi

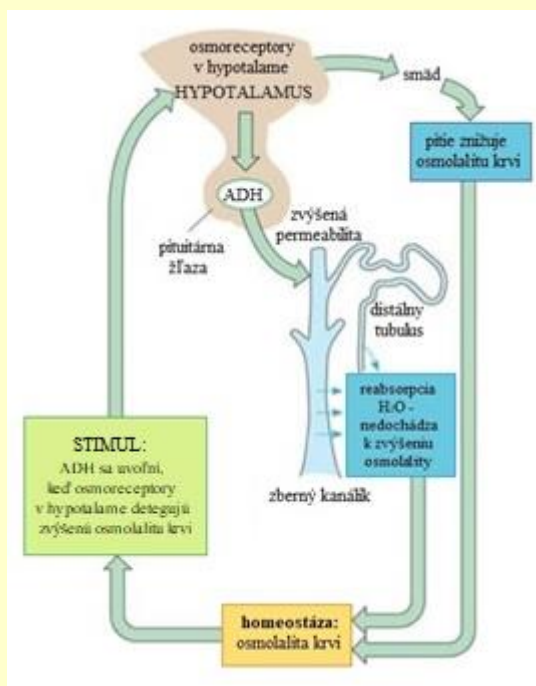
**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****A. Reguluje množstvo vody resorbovanej distálnymi tubulmi a zbernými kanálkami**

Podnetom pre syntézu a sekréciu antidiuretického hormónu (ADH) sú zmeny v osmolarite plazmy, objemu cirkulujúcej krvi, ako i zmeny tlaku krvi.

ADH zvyšuje priepustnosť buniek distálnych tubulov a zberných kanálikov pre vodu, čo má za následok jej retenciu v organizme. Zvýšenie hladiny ADH má za následok tvorbu menšieho objemu koncentrovaného moču.

Naopak, zníženie hladiny ADH spôsobí, že distálne tubuly a zberné kanáliky sa stávajú menej priepustné pre vodu, v dôsledku čoho sa vytvára väčšie množstvo zriedeného moču.

**Obr. č. 34. Antidiuretický hormón a jeho úlohu pri udržiavaní osmolality krvi** (upravené podľa <https://bio1152.nicerweb.com/Locked/media/ch44/ADH.html>).



NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Reguluje množstvo vody resorbovanej proximálnymi tubulmi a zbernými kanálíkmi**

Hoci sa v proximálnom tubule resorbuje až 80% vody, ide o pasívnu resorpciu prebiehajúcu na základe osmotického gradientu, ktorý je tvorený predovšetkým resorpciou sodíka. Objem tekutiny v zberných kanálíkoch podmieňuje ADH, ktorý reguluje permeabilitu zberných kanálikov pre vodu.

**C. Reguluje množstvo vody resorbovanej proximálnymi a distálnymi tubulmi**

Resorpcia vody v proximálnom tubule prebieha pasívne na základe osmotického gradientu, zatiaľ čo na koncoch distálnych tubulov je resorpcia vody regulovaná prostredníctvom ADH.

**D. Reguluje množstvo vody resorbovanej distálnymi tubulmi**

ADH naviazaním na V2 receptory priamo reguluje resorpciu vody tým, že zvyšuje permeabilitu buniek nielen distálnych tubulov, ale i zberných kanálikov pre vodu.



**Kazuistika č. 10**

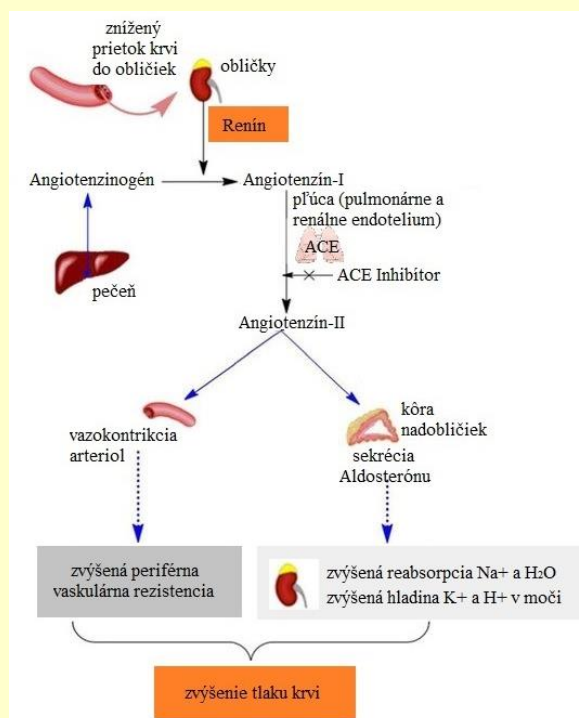
Tridsaťpäťročná žena prichádza k svojmu všeobecnému lekárovi na pravidelnú preventívnu prehliadku. Počas vyšetrenia lekár žene meria tlak krvi, pričom namerané hodnoty systolického (145mmHg) a diastolického (97 mmHg) tlaku krvi poukazujú na vysoký krvný tlak a teda na možnú hypertenziu. Pacientka je poučená, aby si kontrolovala tlak krvi aj v domácich podmienkach a taktiež je indikované Holterovo 24 hodinové monitorovanie tlaku krvi. V tejto súvislosti, v regulácii tlaku krvi zohráva okrem iného dôležitú úlohu systém renín-angiotenzín-aldosterón. „Renín predstavuje enzým, ktorý štiepi proteín produkovaný pečeňou nazývaný angiotenzinogén na angiotenzín II. Angiotenzín II je prostredníctvom angiotenzín konvertujúceho enzýmu premieňaný na angiotenzín I, ktorý pôsobí na kôru nadobličiek, kde spôsobuje sekréciu aldosterónu“. Je toto tvrdenie správne?

- A. Áno, tvrdenie je správne.
- B. Nie, tvrdenie je nesprávne. Renín je enzým, ktorý štiepi proteín produkovaný pečeňou nazývaný angiotenzinogén na angiotenzín I. Angiotenzín I je prostredníctvom angiotenzín konvertujúceho enzýmu premieňaný na angiotenzín II, ktorý pôsobí na kôru nadobličiek, kde spôsobuje sekréciu aldosterónu.
- C. Nie, tvrdenie je nesprávne. Renín je enzým, ktorý štiepi proteín produkovaný pečeňou nazývaný angiotenzinogén na angiotenzín I. Angiotenzín I je prostredníctvom angiotenzín konvertujúceho enzýmu premieňaný na angiotenzín II, ktorý pôsobí na dreň nadobličiek, kde spôsobuje sekréciu adrenalínu.
- D. Nie, tvrdenie je nesprávne. Renín je enzým, ktorý štiepi proteín produkovaný pečeňou nazývaný angiotenzinogén na angiotenzín I. Angiotenzín I je prostredníctvom angiotenzín konvertujúceho enzýmu premieňaný na angiotenzín II, ktorý pôsobí na dreň nadobličiek, kde spôsobuje sekréciu aldosterónu.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**B. Nie, tvrdenie je nesprávne. Renín predstavuje enzým, ktorý štiepi proteín produkovaný pečeňou nazývaný angiotenzinogén na angiotenzín I. Angiotenzín I je prostredníctvom angiotenzín konvertujúceho enzýmu premieňaný na angiotenzín II, ktorý pôsobí na kôru nadobličiek, kde spôsobuje sekréciu aldosterónu.**

Systém renín-angiotenzín-aldosterón zohráva dôležitú úlohu pri regulácii tlaku krvi. Pri poklese tlaku krvi dochádza k uvoľneniu enzýmu renínu z obličiek do krvného obehu. Renín štiepi angiotenzinogén cirkulujúci v krvnom obehu na angiotenzín I, ktorý je relatívne inaktívny, ale prostredníctvom angiotenzín konvertujúceho enzýmu sa štiepi na aktívny angiotenzín II. Angiotenzín II spôsobuje kontrakciu svaloviny arterioli (tepien malého kalibru), čím zvyšuje periférnu vaskulárnu rezistenciu a následne tlak krvi. Angiotenzín II tiež stimuluje uvoľňovanie aldosterónu z kôry nadobličiek, ktorý spôsobuje zadržiavanie sodíka a vody obličkami, čím dochádza k zvýšeniu objemu krvi a následne tlaku krvi.



**Obr. č. 35. Systém renín-angiotenzín-aldosterón a jeho funkciu pri regulácii tlaku krvi** (upravené podľa Admassu a kol., 2018).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Áno, tvrdenie je správne.**

Tvrdenie nie je správne, pretože renín štiepi angiotenzinogén na angiotenzín I, nie angiotenzín II. Angiotenzín I je následne pomocou angiotenzín konvertujúceho enzýmu premieňaný na angiotenzín II.

**C. Nie, tvrdenie je nesprávne. Renín predstavuje enzým, ktorý štiepi proteín produkovaný pečeňou nazývaný angiotenzinogén na angiotenzín I. Angiotenzín I je prostredníctvom angiotenzín konvertujúceho enzýmu premieňaný na angiotenzín II, ktorý pôsobí na dreň nadobličiek, kde spôsobuje sekréciu adrenalínu.**

Tvrdenie nie je správne, pretože angiotenzín II pôsobí na kôru nadobličiek (nie na dreň), kde spôsobuje sekréciu aldosterónu (nie adrenalínu).

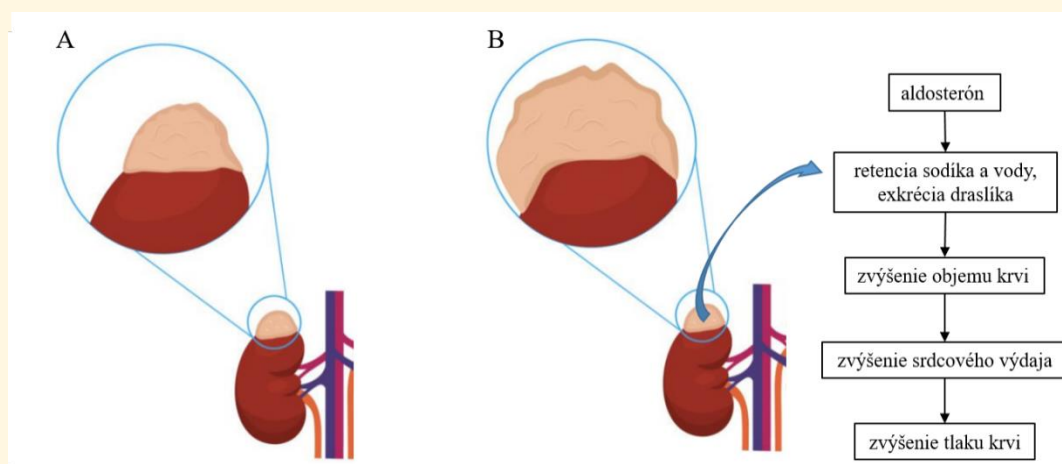
**D. Nie, tvrdenie je nesprávne. Renín predstavuje enzým, ktorý štiepi proteín produkovaný pečeňou nazývaný angiotenzinogén na angiotenzín I. Angiotenzín I je prostredníctvom**

**angiotenzín konvertujúceho enzýmu premieňaný na angiotenzín II, ktorý pôsobí na dreň nadobličiek, kde spôsobuje sekréciu aldosterónu.**

Tvrdenie nie je správne, pretože angiotenzín II pôsobí na kôru nadobličiek (nie na dreň).

### KLINICKÉ OKIENKO - PRIMÁRNY HYPERALDOSTERONIZMUS V TIENI HYPERTENZIE

Primárny hyperaldosteronizmus (Connov syndróm) predstavuje najčastejšiu príčinu sekundárnej hypertenzie. Stav je spôsobený autonómnou nadprodukciou aldosterónu z kôry nadobličiek, ktorá nezávisí od renín-angiotenzín-aldosterónového systému. Aldosterón tvorený vo zvýšenej miere, prostredníctvom intracelulárnych mineralokortikoidných receptorov buniek distálnych tubuloch, vedie k zvýšeniu reabsorpcie sodíka. Retencia sodíka potom vedie k zväčšovaniu extracelulárneho objemu, čo má za následok zvyšovanie tlaku krvi. Aldosterón zároveň aktiváciou spomínaných receptorov zvyšuje exkréciu draslíka obličkami, čo má za následok rozvoj hypokaliémie. Na primárny hyperaldosteronizmus myslíme v prípade artériovej hypertenzie nedostatočne odpovedajúcej (resp. rezistentnej) na liečbu. Vzhľadom na častejší a významnejší výskyt kardiovaskulárnych komplikácií pri primárnom hyperaldosteronizme v porovnaní s esenciálnou hypertenziou (stav, pri ktorom príčina zvýšeného tlaku krvi nie je známa) je včasné odhalenie primárneho aldosteronizmu veľmi dôležité. Je tiež potrebné poznamenať, že artériová hypertenzia patrí celosvetovo medzi hlavné rizikové faktory predčasného úmrtia. Približne u 10% pacientov s hypertenziou je v pozadí práve primárny hyperaldosteronizmus, a preto včasná detekcia a cieleňá liečba primárneho hyperaldosteronizmu má pre pacientov zásadný prognostický význam.



**Obr. č. 36. A: Nadoblička za fyziologických okolností. Tvorba aldosterónu prebieha v zona glomerulosa kôry nadobličky. B: Nadoblička postihnutá patologickým procesom. Najčastejšími**

príčinami primárneho hyperaldosteronizmu sú adenóm nadobličky alebo jedno-/oboj-stranná hyperplázia nadobličiek, ktoré vedú k relatívne autonómnej nadprodukcii aldosterónu (upravené podľa <https://www.dreamstime.com/adrenal-gland-normal-anatomy-adenoma-illustration-vector-scientific-image228593422>).

## 5. FYZIOLÓGIA TRÁVIACEHO SYSTÉMU – KAZUISTIKY

**Kazuistika č. 1**

Na rehabilitačnú jednotku je prijatá šesťdesiatštyriročná pacientka tri týždne po ischemickej cievnej mozgovej príhode lokalizovanej v ľavej hemisfére. Motorické funkcie pacientky sa významne zlepšili, avšak pretrvávajú u nej problémy s jedením a rozprávaním. V kontexte klinického obrazu pacientky, ktoré z nasledujúcich možností správne opisujú fyziologické funkcie jazyka?

- A. Jazyk predstavuje rozhodujúci orgán pre reč.
- B. Jazyk predstavuje primárny orgán pre chuť.
- C. Jazyk predstavuje dôležitý orgán pre manipuláciu s potravou počas žuvania a pre prehĺtanie potravy.
- D. Všetky uvedené odpovede.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****D. Všetky uvedené odpovede.**

Jazyk sa považuje za rozhodujúci orgán reči, pretože hrá úlohu pri artikulácii zvukov a formovaní hlasového prejavu počas tvorby reči. Jeho flexibilita, mobilita a schopnosť interakcie s inými rečovými štruktúrami, ako sú pery a podnebie, mu umožňujú produkovať širokú škálu zvukov, čím sa uľahčuje jasná komunikácia. Navyše, jazyk je primárnym orgánom chuti, pretože sa v ňom nachádza väčšina chuťových pohárikov a je dôležitý pri prehĺtaní jedla, pretože uľahčuje koordinovaný pohyb bolusu potravy až do zadnej časti úst na koreň jazyka, odkiaľ sa spúšťa hltací reflex. Jazyk manipuluje s potravou počas žuvania v spolupráci so zubami, pričom napomáha premiešavať jedlo so slinami, čím sa uľahčuje trávenie a prehĺtanie.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:**

**A. Jazyk predstavuje rozhodujúci orgán pre reč.**

**B. Jazyk predstavuje primárny orgán pre chuť.**

**C. Jazyk predstavuje dôležitý orgán pre manipuláciu s potravou počas žuvania a pre prehĺtanie potravy.**

Každá odpoveď je správna.

**Kazuistika č. 2**

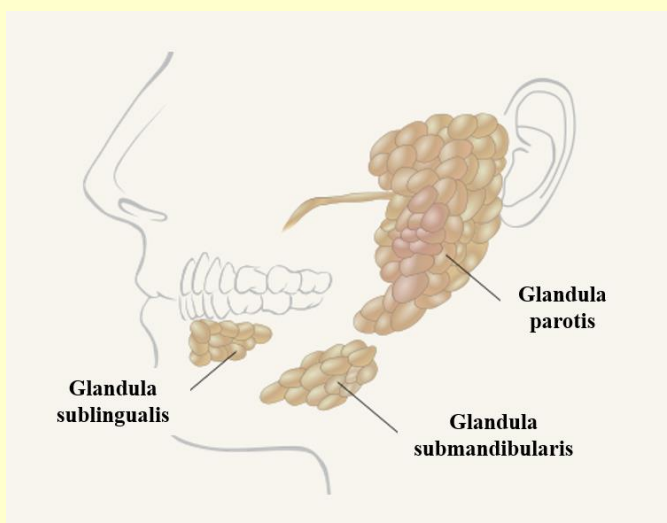
Päťdesiatštyriročná žena prichádza na pohotovosť so silným opuchom a bolesťou na pravej strane tváre, tesne pred uchom a ťažkosťami so žuvaním. Službukonajúca lekárka po dôkladnom vyšetrení pacientky uzatvára stav ako sialoadenitídu (zápal slinnej žľazy). Tento klinický prípad ponúka lekárkou možnosť zdôrazniť praxujúcemu študentovi medicíny umiestnenie a funkciu slinných žliaz v organizme. Vzhľadom na klinický obraz pacientky, ktorá slinná žľaza je postihnutá zápalovým procesom?

- A. Príušná slinná žľaza (*glandula parotis*)
- B. Podčelústna slinná žľaza (*glandula submandibularis*)
- C. Podjazyková slinná žľaza (*glandula sublingualis*)
- D. Ani jedna z uvedených odpovedí

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****A. Príušná slinná žľaza (*glandula parotis*)**

Glandula parotis predstavuje najväčšiu párovú slinnú žľazu umiestnenú tesne pred každým uchom. Vývod príušnej žľazy (*ductus parotideus*) vyúsťuje do *vestibulum oris* na úrovni druhej stoličky.

**Obr. č. 37. Umiestnenie párových veľkých slinných žliaz** (upravené podľa <https://cs.wikipedia.org/>)

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****B. Podčelústna slinná žľaza (*glandula submandibularis*)**

*Glandula submandibularis* je párová slinná žľaza umiestnená v oblasti pod dolnou čeľusťou. Vývod podčelústnej žľazy (*ductus submandibularis*) vyúsťuje spolu s vývodom *glandula sublingualis* do ústnej dutiny v blízkosti uzdičky jazyka.

**C. Podjazyková slinná žľaza (*glandula sublingualis*)**

*Glandula sublingualis* predstavuje najmenšiu z troch párových slinných žliaz, ktorá je umiestnená bezprostredne pod sliznicou na dne ústnej dutiny. Vývod podjazykovej žľazy vyúsťuje spoločne s *ductus submandibularis* (tzv. Whartonov vývod) do ústnej dutiny v blízkosti uzdičky jazyka.

**D. Ani jedna z uvedených odpovedí**

Jedna z uvedených možností predstavuje správnu odpoveď, konkrétne možnosť A – príušná slinná žľaza (*glandula parotis*).



**Kazuistika č. 3**

Päťdesiatšesťročný pacient prichádza na gastroenterologickú ambulanciu pre pretrvávajúce „pálenie záhy“ (pyróza) a ťažkosti s prehĺtaním (dysfágia). Po odobratí podrobnej anamnézy a vyšetrení má gastroenterológ podozrenie na gastroezofageálnu refluxovú chorobu. Ide o ochorenie vyvolané refluxom – spontánnej pasáži kyslého obsahu žalúdka do pažeráka (ezofágu), pričom dochádza k dráždeniu výstelky pažeráka a následne k zápalovým zmenám. Preto je potrebné u pacienta vykonať endoskopické vyšetrenie pažeráka. Vzhľadom na možné komplikácie u pacienta je kľúčové pochopenie anatómie a fyziológie pažeráka. V tejto súvislosti, ktoré z nasledujúcich tvrdení o pažeráku je správne?

- A. Pažerák je chrupavkovitá trubica.
- B. Pažerák siaha od nosovej dutiny po žalúdok.
- C. Pažerák sa nachádza pred priedušnicou (tracheou).
- D. Pažerák má dva zvierače (horný a dolný pažerákový zvierač).

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****D. Pažerák má dva zvierače (horný a dolný pažerákový zvierač).**

Pažerák má na začiatku horný pažerákový zvierač (HPZ) a na konci, kde sa stretáva so žalúdkom, dolný pažerákový zvierač (DPZ). HPZ zabraňuje vstupu vzduchu do pažeráka počas dýchania a DPZ zabraňuje spätnému prechodu žalúdočnej kyseliny a žalúdočného obsahu späť do pažeráka.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Pažerák je chrupavkovitá trubica.**

Pažerák je svalová trubica, nie chrupavkovitá.

**B. Pažerák siaha od nosovej dutiny po žalúdok.**

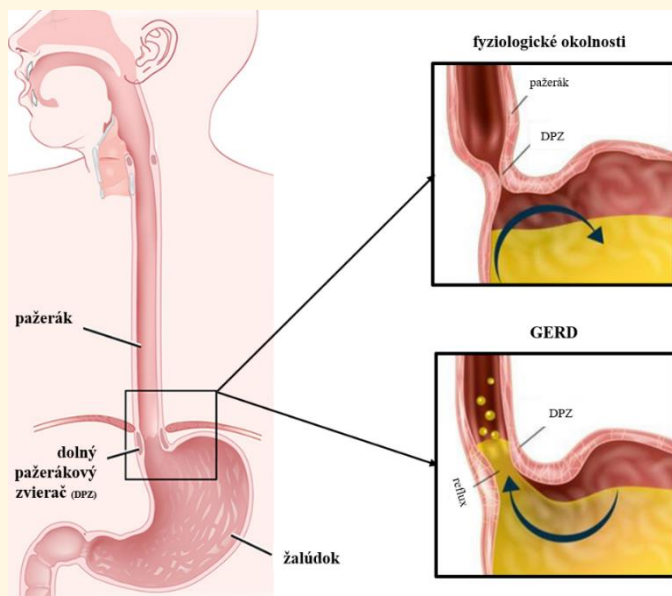
Pažerák siaha od hltana (faryngu), nie od nosovej dutiny, po žalúdok.

**C. Pažerák sa nachádza pred priedušnicou (tracheou).**

Pažerák sa nachádza za (nie pred) priedušnicou.

## KLINICKÉ OKIENKO – GASTROEZOFAGEÁLNA REFLUXOVÁ CHOROBA

Pažerák je trubicový orgán medzi hltanom a žalúdkom. Na distálnom konci pažeráka nachádza dolný pažerákový (kardiový) zvierač, ktorý za fyziologických okolností zabráňuje spätnému prechodu žalúdočného obsahu do pažeráka. Pokiaľ je tento zvierač oslabený alebo nefunkčný (nedostatočnosť kardiového zvierača), dochádza k spätnému prechodu žalúdočného obsahu do pažeráka (t.j. gastroezofageálnemu refluxu). Gastroezofageálny reflux je bežným fyziologickým javom u novorodencov a dojčiat, ktorý je spôsobený anatomickou nezrelosťou dolného pažerákového zvierača. Postupne vplyvom dozrievania gastrointestinálneho traktu dochádza k jeho vymiznutiu. Gastroezofageálna refluxová choroba (GERD – *gastroesophageal reflux disease*) je ochorenie vyvolané pravidelne sa opakujúcou spontánnou pasážou kyslého žalúdočného obsahu do pažeráka. Žalúdočné kyseliny dráždia výstelku pažeráka, čo následne môže spôsobovať zápalové a iné zmeny. Hlavným príznakom GERD je pálenie záhy, ktoré je charakterizované ako páľčivá bolesť za hrudnou kosťou, resp. v epigastriu. Spravidla sa pálenie záhy zhoršuje po jedle a v ležiacej polohe. GERD môže v niektorých prípadoch spôsobovať aj ťažkosti s prehĺtaním (dysfágiu), bolestivé prehĺtanie (odynofágiu) alebo globus pharyngeus (subjektívny pocit „cudzieho telesa alebo hrče v krku“, pocit „sťahovania krku“). GERD sa môže prejavovať aj mimopažerákovými príznakmi ako napr. dlhotrvajúci kašeľ, zmeny hlasu, astma a poruchy spánku. Dlhodobá prebiehajúca GERD je spojená s viacerými komplikáciami vrátane ulcerácií v oblasti distálneho pažeráka, krvácania, striktúr až vzniku tzv. Barrettovho pažeráka. Ide o prekancerózný stav, kedy dochádza k náhrade dlaždicového epitelu pažeráka cylindrickým epitelom, čo môže vyústiť až do adenokarcinómu pažeráka.



**Obr. č. 38. Uzavretie dolného pažerákového**

**zvierača (DPZ) za fyziologických okolností a nedostatočné uzavretie dolného pažerákového zvierača pri GERD** (upravené podľa Acid Reflux & GERD: Symptoms, What It Is, Causes, Treatment (clevelandclinic.org) a Nepodceňujte reflux | MastichaTerapia.sk). Za fyziologických okolností sa DPZ po prechode bolusu potravy do žalúdka uzatvára, čím sa zabráňuje prechodu žalúdočného obsahu zo žalúdka do pažeráka. Za patologických okolností (GERD) nedochádza ku uzavretiu DPZ v dôsledku jeho nesprávnej funkcie, čo následne umožňuje spätný návrat žalúdočného obsahu do pažeráka.

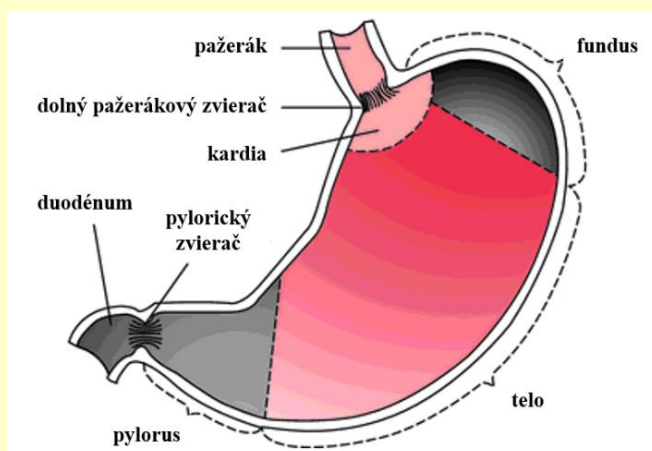
**Kazuistika č. 4**

Päťdesiatročná pacientka prichádza do gastroenterologickej ambulancie pre opakujúce sa epizódy bolesti v hornej časti brucha a nevoľnosť. Vzhľadom na lokalizáciu bolesti do epigastrickej oblasti má lekár podozrenie na gastritídu (zápal žalúdka) alebo peptický vred. Pacientke je naordinované endoskopické vyšetrenie žalúdka. Vzhľadom na blížiaci sa endoskopické vyšetrenie a anatómiu žalúdka, ktorá z nasledujúcich možností nesprávne označuje štruktúry žalúdka?

- A. Vchod (kardia) je oblasť, ktorá je lokalizovaná najbližšie k tenkému črevu.
- B. Dno (fundus) je najvyššia časť žalúdka.
- C. Vrátnik (pylorus) je prechod žalúdka do tenkého čreva.
- D. Telo (corpus) predstavuje najväčšiu časť žalúdka.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****A. Vchod (kardia) je oblasť, ktorá je lokalizovaná najbližšie k tenkému črevu.**

Kardia predstavuje oblasť, ktorá obklopuje vstup pažeráka do žalúdka, nie je to teda oblasť najbližšie ku tenkému črevu.



**Obr. č. 39. Časti žalúdka** (upravené podľa <https://slideplayer.cz/slide/13988874/>).

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****B. Dno (fundus) je najvyššia časť žalúdka.**

Táto možnosť správne popisuje fundus (klenbu) žalúdka, ktorá predstavuje kupolovitú najvrchnejšiu časť žalúdka. Nachádza sa nad kardiou a telom žalúdka.

**C. Vrátnik (pylorus) predstavuje prechod žalúdka do tenkého čreva.**

Táto možnosť správne opisuje pylorus (vrátnik) ako výstup zo žalúdka vedúci do tenkého čreva, konkrétne do duodena (dvanástnika). Pylorický zvierač riadi prechod obsahu žalúdka do tenkého čreva.

**D. Telo (corpus) predstavuje najväčšiu časť žalúdka.**

Táto možnosť správne popisuje corpus (telo) žalúdka ako centrálnu a najväčšiu časť žalúdka, ktorá sa nachádza medzi fundusom a pylorickou oblasťou.

**Kazuistika č. 5**

Dvadsaťpäťročná žena s anamnézou anémie prichádza k svojej všeobecnej lekárke pre pretrvávajúce sucho v ústach, pričom udáva, že v poslednom období sa pridružili aj neprijemné pocity pri rozprávaní a prehĺtaní. Rovnako si všimla zvýšenú tvorbu zubného povlaku a na preventívnej prehliadke u zubného lekára jej zistili niekoľko malých kazov. Vzhľadom na symptómy sa lekárka domnieva, že pacientka má xerostómiu, stav, ktorý je charakterizovaný zníženou produkciou slín. V tejto súvislosti, keď uvažujeme o stave pacientky a dôležitosti slín v ústnej dutine pri zvlhčovaní sliznice a uľahčovaní prehĺtania, ktorá z nasledujúcich látok sa v slinách bežne nenachádza? Vyberte všetky správne odpovede.

- A. Amyláza
- B. Lyzozým
- C. Mucín
- D. Kyselina chlorovodíková

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****D. Kyselina chlorovodíková**

Sliny neobsahujú kyselinu chlorovodíkovú (HCl). Primárnou funkciou slín je uľahčiť počiatočné štádiá trávenia potravy štiepením škrobov pomocou enzýmu amyláza a napomáhať pri prehĺtaní. HCl je produkovaná parietálnymi bunkami v žalúdku, kde vytvára kyslé prostredie a tým vhodné pH pre premenu pepsinogénu na pepsín ako i pre pôsobenie žalúdočnej lipázy. HCl podporuje trávenie bielkovín, uľahčuje vstrebávanie železa (trojmocné železo sa v prítomnosti HCl redukuje na dvojmocné), vápnika (uhličitan vápenatý sa premieňa na rozpustný chlorid vápenatý), má baktericídny účinok a zabraňuje rozmnožovaniu plesní.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Amyláza**

Slinná amyláza (ptyalín) je enzým, ktorý sa nachádza v slinách a začína procesy trávenia škrobov na jednoduchšie cukry. Jej prítomnosť je základom pre počiatočné tráviace procesy v ústnej dutine.

**B. Lyzozým**

Lyzozým je enzým nachádzajúci sa v slinách, ktorý má antibakteriálne vlastnosti. Napomáha pri udržiavaní zdravia ústnej dutiny tým, že rozkladá bunkové steny určitých baktérií, čím zabraňuje ich premnoženiu.

**C. Mucín**

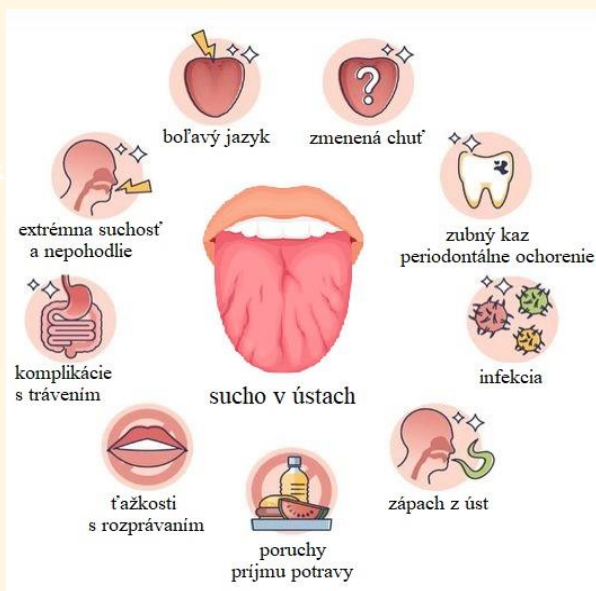
Mucín predstavuje glykoproteín prítomný v slinách, ktorý pomáha pri tvorbe ochrannej vrstvy hlienu v ústnej dutine a pri procese prehĺtania.

**KLINICKÉ OKIENKO – XEROSTÓMIA**

**Xerostómia** (t.j. sucho v ústach) sa vyznačuje subjektívnym pociťovaním sucha v ústach, ktoré môže súvisieť s hypofunkciou slinných žliaz a zníženou tvorbou slín (hyposalivácia), zmenou zloženia slín (zo serózných na mucinózne), psychogénnymi faktormi, prípadne nemá žiadnu identifikovateľnú príčinu. Tento príznak je veľmi rozšírený a považuje sa za častý vedľajší účinok mnohých typov liekov. Vyskytuje sa častejšie u starších ľudí (užívajúcich viacero liekov) a u ľudí, ktorí dýchajú ústami. **Hyposalivácia** je definovaná ako akékoľvek objektívne preukázateľné zníženie tvorby slín v jednotlivých a/alebo všetkých slinných žľazách. Nestimulovaný prietok slín za fyziologických podmienok u človeka je 0,3–0,4 ml za minútu, pričom hodnota pod 0,1 ml za minútu je výrazne patologická. Za fyziologických podmienok môže dôjsť k prechodnej hyposalivácii *počas spánku*.. Tento pocit vymizne pri jedle, pití alebo pri ústnej hygiene. Sucho v ústach je tiež bežným pocitom *počas obdobia úzkosti*, predovšetkým v dôsledku aktivácie stresovej reakcie a zvýšenej aktivity sympatického nervového systému. Ďalšou častou príčinou spôsobujúcou hyposaliváciu je *dehydratácia*. Fyziologické zmeny v tkanivách slinných žliaz *súvisiace s vekom* môžu viesť k miernemu zníženiu produkcie slín a čiastočne vysvetliť zvýšenú prevalenciu xerostómie u starších ľudí. Skôr sa však predpokladá, že hlavnou príčinou hyposalivácie vo vyššej vekovej skupine je *polyfarmácia*, a nie samotný proces starnutia. Hyposalivácia môže spôsobiť nasledujúce príznaky a symptómy: *zubný kaz súvisiaci so xerostómiou* – zubný kaz stáva relatívne typickým nálezom, pričom môže postupovať oveľa agresívnejšie a postihnúť tie oblasti zubov, kde sa bežne nevyskytuje. často pozorované u pacientov po rádioterapii hlavnej slinnej žľazy; *kyslá erózia* – sliny pôsobia ako nárazník a pomáhajú predchádzať demineralizácii zubov, *orálna kandidóza* – strata antimikrobiálnych účinkov slín môže tiež viesť ku kvasinkovej infekcii;

*hnisavá sialoadenitída* – infekcia veľkých slinných žliaz (zvyčajne príušnej žľazy), ktorá sa môže opakovať, *parageuzia* – porucha vnímania chuti (kovová chuť); *dysosmia* – porucha čuchu; *intraorálna halitóza* („zlý dych“) – pravdepodobne v dôsledku zvýšenej aktivity halitogénneho biofilmu na zadnom dorzálnom jazyku; *syndróm pálenia v ústach* – pocit pálenia alebo mravčenia v ústach; *suchá sliznica*; *dysfágia* – ťažkosti s prehĺtaním a žuvaním, najmä pri konzumácii suchých potravín, a ďalšie. Navyše, xerostómia môže byť spôsobená *autoimunitnými reakciami*, ktoré poškodzujú bunky produkujúce sliny. Medzi takéto ochorenia patria Sjögrenov syndróm alebo celiakia.

**Obr. č. 40. Vybrané príznaky xerostómie**  
(upravené podľa <https://depositphotos.com>).





**Kazuistika č. 6**

Štyridsaťštyriročná pacientka prichádza k svojmu všeobecnému lekárovi pre opakované bolesti brucha, nadúvanie a časté epizódy „pálenia záhy“ (pyróza, ku ktorej dochádza v dôsledku refluxu žalúdočnej kyseliny). Pacientka je odoslaná na gastroenterologické vyšetrenie, kedy po niekoľkých diagnostických testoch gastroenterológ diagnostikuje Zöllinger-Ellisonov syndróm. Ide o ochorenie, ktoré je spojené so sekréciou nadmerného množstva hormónu gastrínu nádorom nazývaným gastrinóm. Vysoké hladiny gastrínu stimulujú nadmernú produkciu žalúdočnej kyseliny parietálnymi bunkami žalúdka, čo vedie ku žalúdočnej hyperacidite a tvorbe peptických vredov. Vzhľadom k pacientkinej diagnóze a úlohe gastrínu pri tvorbe žalúdočnej kyseliny, ktorý typ buniek je zodpovedný za jeho produkciu?

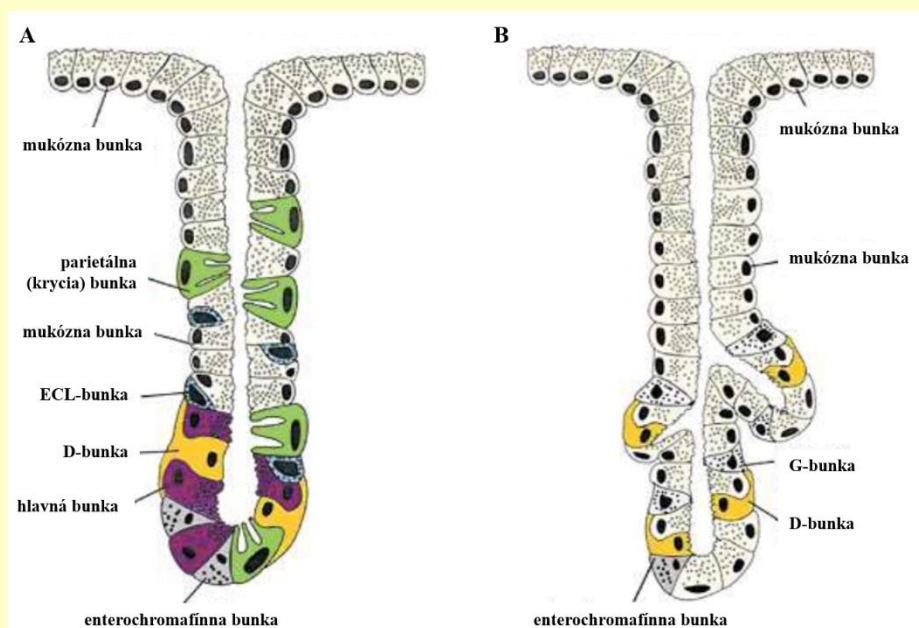
- A. Foveolárne bunky
- B. Parietálne bunky
- C. Hlavné bunky
- D. Endokrinné bunky

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**D. Endokrinné bunky**

Endokrinné bunky typu G sú zodpovedné za produkciu hormónu gastrín. Gastrín stimuluje tvorbu kyseliny chlorovodíkovej, žalúdočnú motilitu a sekréciu inzulínu a glukagónu.

**Obr. č. 41. Typy buniek v žliazkach jednotlivých častí žalúdka** (upravené podľa [zona.fmed.uniba.sk](http://zona.fmed.uniba.sk)). A: žliazka tela žalúdka B: pylorická žliazka. Sliznica žalúdka obsahuje množstvo žliazok. Žliazky fundu a tela žalúdka predstavujú jednoduché tubulárne žliazky, ktoré obsahujú





niekoľko typov buniek: hlavné (vylučujú pepsinogén a žalúdočnú lipázu), parietálne (vylučujú kyselinu chlorovodíkovú a vnútorný faktor), mukózne (vylučujú mucín) a endokrinné (enterochromafínne bunky vylučujú serotonin, enterochromafínnym bunkám podobné (ECL) bunky vylučujú histamín a D-bunký somatostatín). Pylorické žliazky predstavujú tubulárne žliazky, ktoré sú často rozvetvené a obsahujú bunky produkujúce mucín ako i endokrinné bunky typu G produkujúce gastrín.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

#### **A. Foveolárne bunky**

Foveolárne bunky sa nachádzajú v anstre žalúdka. Produkujú hlien (tzv. mucín), ktorý chráni bunky pred pôsobením silných kyselín vylučovaných v žalúdku.

#### **B. Parietálne bunky**

Parietálne bunky žalúdka sú zodpovedné za vylučovanie kyseliny chlorovodíkovej a vnútorného faktora, ktorý je nevyhnutný pre vstrebávanie vitamínu B12 v črevách.

#### **C. Hlavné bunky**

Hlavné bunky žalúdka produkujú pepsinogén, ktorý sa v prítomnosti žalúdočnej kyseliny premieňa na aktívny pepsín, zohrávajúci dôležitú úlohu pri trávení bielkovín. Hlavné bunky žalúdka tvoria tiež žalúdočnú lipázu, ktorá štiepi emulgovaný tuk v mlieku.

**Kazuistika č. 7**

Tridsaťsedemročná žena prichádza na oddelenie urgentného príjmu s akútnymi bolesťami brucha, ktoré majú migrujúci charakter so začiatkom v epigastriu s následným presunom do pravého hypogastria. Navyše pociťuje celkovú slabosť a má nauzeu. Ide o typické príznaky akútnej apendicitídy (zápalu červovitého prívesku hrubého čreva = „slepého čreva“). Zápal postihuje všetky vrstvy steny appendixu s postupným útlakom venózneho a arteriálneho systému, čoho dôsledkom je ischemizácia steny. V tejto súvislosti, ktoré z nasledujúcich možností predstavujú vrstvy steny tráviaceho traktu vrátane appendixu?

- A. Sliznica (mukóza)
- B. Podsliznicové tkanivo (submukóza)
- C. Cirkulárna a pozdĺžna hladká svalovina
- D. Všetky uvedené odpovede

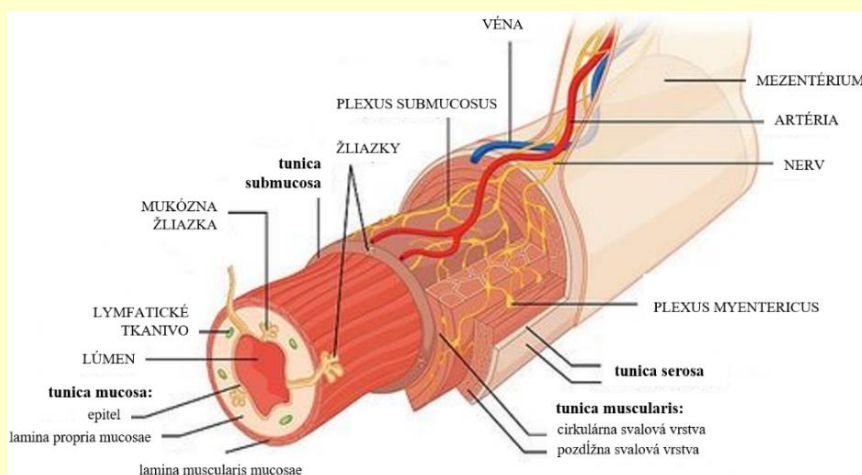
SPRÁVNA ODPOVEĎ:

**D. Všetky uvedené odpovede**

Stenu tráviaceho traktu pokrýva z vonkajšej strany *tunica serosa* (resp. *tunica adventitia*), pod ktorou sa nachádza *tunica muscularis* (vonkajšia longitudinálna vrstva a vnútorná cirkulárna vrstva) a vnútornú vrstvu predstavuje *tunica submucosa* a *tunica mucosa*. Každá z vrstiev plní odlišné funkcie súvisiace s trávením a absorpciou živín.

**Obr. č. 42. Anatomia steny gastrointestinálneho traktu (GIT)** (upravené podľa [www.wikiskripta.eu](http://www.wikiskripta.eu)).

Z vonkajšej strany pokrýva stenu GIT serózná blana (*tunica serosa*), pod ktorou sa nachádza svalová vrstva



(*tunica muscularis*), ktorá pozostáva z vonkajšej longitudinálnej vrstvy a vnútornej cirkulárnej vrstvy a zabezpečuje premiešavanie a posun potravy. Vnútnú vrstvu GIT predstavuje podsliznicová vrstva (*tunica submucosa*), ktorá obsahuje submukózne žliazky a nachádzajú sa v nej cievy a nervové dráhy;

a sliznica (*tunica mucosa*). Sliznica sa skladá z *lamina propria mucosae*, ktorá je tvorená elastickými a kolagénovými vláknami a obsahuje mukózne žliazky, lymfatické kapiláry a uzliny a z *lamina muscularis mucosae*, ktorá zabezpečuje zriadenie sliznice GIT.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

#### **A. Sliznica (mukóza)**

Sliznica predstavuje najvnútornejšiu vrstvu steny tráviaceho traktu a plní viaceré funkcie vrátane sekrécie, absorpcie a ochrany.

#### **B. Podsliznicové tkanivo (submukóza)**

Submukóza predstavuje ďalšiu primárnu vrstvu tráviaceho traktu, ktorá pozostáva zo spojivového tkaniva a nachádzajú sa v nej krvné a lymfatické cievy, a nervy. Poskytuje výživu sliznici a podporuje ju.

#### **C. Cirkulárna a pozdĺžna hladká svalovina**

Svalová vrstva predstavuje ďalšiu primárnu vrstvu tráviaceho traktu. Pozostáva z dvoch vrstiev hladkého svalstva (vnútorná cirkulárna a vonkajšia longitudinálna) a zabezpečuje premiešavanie potravy a posun potravy aborálnym smerom.

**Kazuistika č. 8**

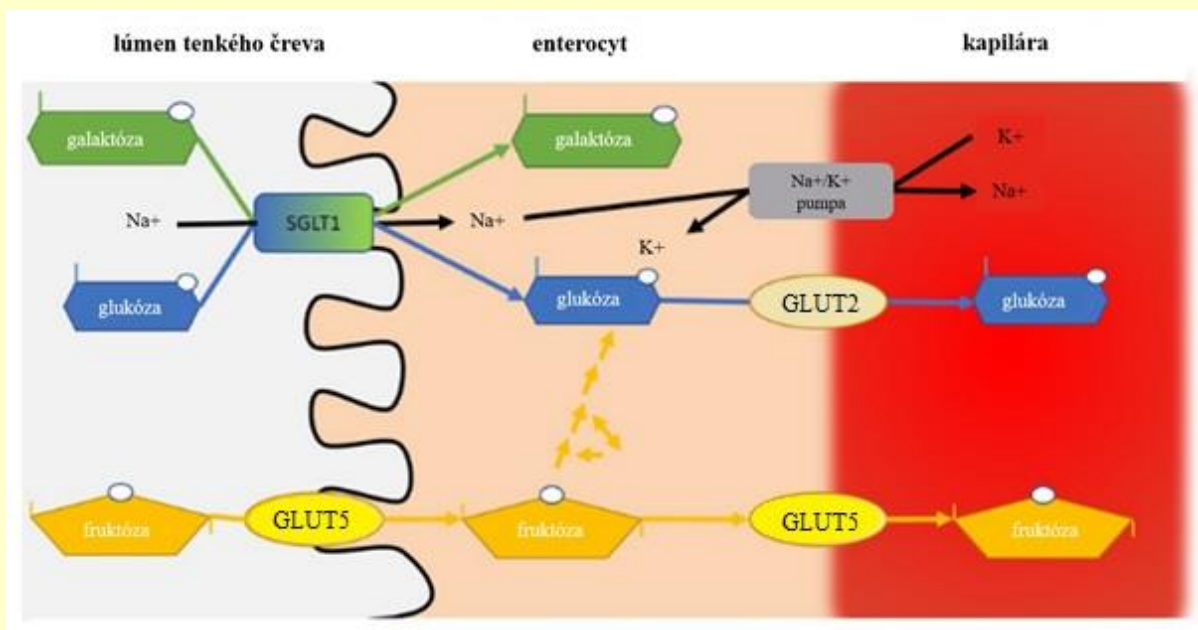
Dvadsaťročná žena prichádza k svojej všeobecnej lekáre pre opakované hnačky, bolesti brucha, nechutenstvo a únavu. Žena ďalej udáva hnačkovitú, nažltlú stolicu štyrikrát denne po dobu približne 10 dní, pričom za dané obdobie schudla približne 4 kg. Lekárka má podozrenie na celiakiu a odošle pacientku na kompletne gastroenterologické vyšetrenie. Ide o autoimunitné ochorenie postihujúce sliznicu čreva, kedy bunky sú vlastného organizmu napádané imunitným systémom. Celiakia sa prejavuje intoleranciou gluténu (lepku - proteínu nachádzajúcemu sa v obilninách). Glutén je imunitným systémom vyhodnotený ako „nebezpečný“, čo následne spustí zápalový proces. Zápal poškodzuje predovšetkým sliznicu tenkého čreva, pričom spôsobuje „vyrovnanie“ črevných klkov, v dôsledku čoho sa jednotlivé živiny z potravy ťažšie vstrebávajú. V tejto súvislosti, v ktorej časti tenkého čreva, v akej forme a akým spôsobom sa vstrebávajú cukry?

- A. Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy prostredníctvom aktívneho sodíkového kotransportu primárne v ileu.
- B. Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy prostredníctvom difúzie v ileu.
- C. Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy prostredníctvom aktívneho sodíkového kotransportu primárne v duodene a horných častiach jejuna.
- D. Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme galaktózy a fruktózy prostredníctvom difúzie primárne v duodene a horných častiach jejuna.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**C. Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy prostredníctvom aktívneho sodíkového kotransportu primárne v duodene a horných častiach jejuna.**

Stenu tráviaceho traktu pokrýva z vonkajšej strany *tunica serosa*, pod ktorou sa nachádza *tunica muscularis* (tvorí ju vonkajšia longitudinálna vrstva a vnútorná cirkulárna vrstva) a vnútorné vrstvy predstavuje *tunica submucosa* a *tunica mucosa*. Každá z vrstiev plní odlišné funkcie súvisiace s trávením a absorpciou živín.



**Obr. č. 43. Resorpcia cukrov v tenkom čreve.** (upravené podľa <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-021-04609-4>). Cukry sa vstrebávajú predovšetkým v dvanástniku a horných častiach jejuna, v malej miere aj dolných častiach jejuna a ileu. Resorbujú sa vo forme monosacharidov (glukóza, fruktóza, galaktóza). Glukóza a galaktóza je resorbovaná prostredníctvom aktívneho sodíkového kotransportu. Fruktóza je resorbovaná prostredníctvom uľahčenej difúzie. SGLT1 – sodíkovo-glukózový kotransportér 1, GLUT – glukózový transportér

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy prostredníctvom aktívneho sodíkového kotransportu primárne v ileu.**

Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy prostredníctvom aktívneho sodíkového kotransportu, avšak primárne v duodene a horných častiach jejuna, nie v ileu.

**B. Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy prostredníctvom difúzie v ileu.**

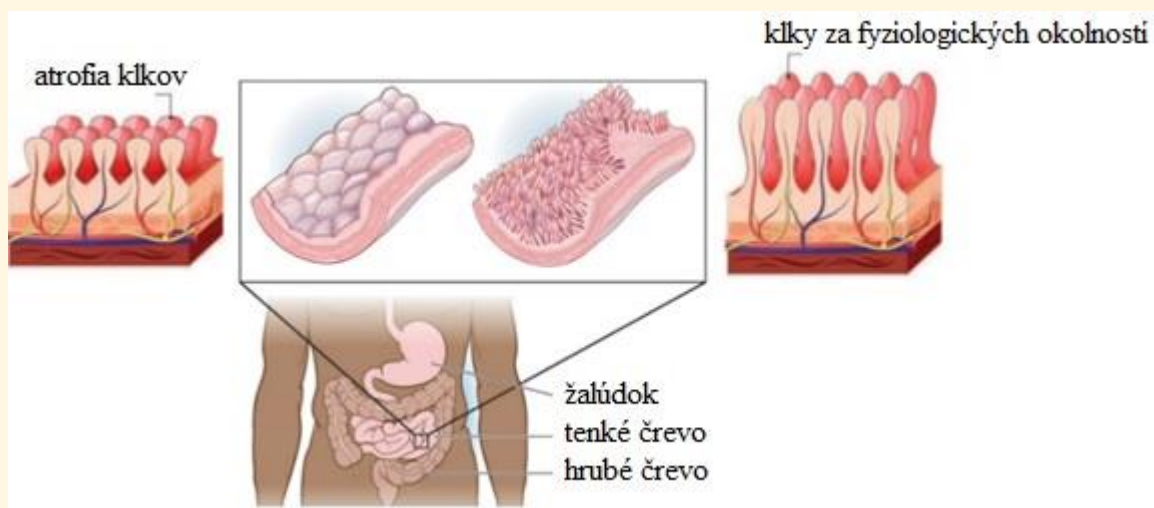
Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy, avšak prostredníctvom aktívneho sodíkového kotransportu, nie prostredníctvom difúzie a primárne v duodene a horných častiach jejuna, nie v ileu.

**D. Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme galaktózy a fruktózy prostredníctvom difúzie primárne v duodene a horných častiach jejuna.**

Cukry sú resorbované predovšetkým vo forme glukózy, nie vo forme galaktózy a fruktózy prostredníctvom aktívneho sodíkového kotransportu, nie prostredníctvom difúzie v duodene a horných častiach jejuna.

**KLINICKÉ OKIENKO – CELIAKIA**

Celiakia (malabsorpčný syndróm) je autoimunitné ochorenie, pri ktorom u geneticky predisponovaných jedincov dochádza k poškodeniu črevnej sliznice po konzumácii potravín s obsahom lepku (gluténu). Lepok je bielkovina obsiahnutá v niektorých obilninách. Jednou zo súčastí lepku je gliadín, ktorý vyvoláva reakciu vedúcu k zápalu tenkého čreva. Konzumácia lepku u celiatikov spôsobuje imunitnú reakciu s aktiváciou T-lymfocytov a tvorbou protilátok. Protilátky následne poškadzujú klky tenkého čreva, ktoré môžu až atrofovať. Narúša sa vstrebávanie živín, čo môže viesť k podvýžive a malabsorpcii. Celiakia sa prejavuje predovšetkým tráviacimi ťažkosťami ako sú bolesti brucha, nadúvanie, nauzea alebo vracanie a chronická hnačka alebo zápcha. Celiakia sa však môže prejavovať aj mimotráviacimi príznakmi ako sú únava/vyčerpanie, bolesti hlavy, bolesti kĺbov, afty, sucho v ústach, alebo psychické problémy (napr. depresia). Príznaky majú tendenciu vymiznúť po vylúčení lepku zo stravy.



**Obr. č. 44. Klky tenkého čreva u zdravého človeka (napravo) a u celiatika (naľavo)** (upravené podľa <https://www.stroke-manual.com/> a <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/14240-celiac-disease>).

**Kazuistika č. 9**

Šesťdesiatpäťročný pacient s anamnézou chronickej gastritídy navštevuje svojho gastroenterológa pre stratu chuti do jedla ako i pocity sýtosti, keď sa chystá práve najesť. Vzhľadom na pacientove sťažnosti a poznatky o regulačných mechanizmoch sekrécie žalúdočnej šťavy, počas ktorej fázy sa zvyčajne tvorí najväčší objem žalúdočnej šťavy v reakcii na konzumáciu jedla?

- A. Cefalická fáza
- B. Žalúdočná fáza
- C. Črevná fáza
- D. Ani jedna z uvedených odpovedí

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. Žalúdočná fáza**

Žalúdočná fáza sekrécie žalúdočnej šťavy trvá niekoľko hodín a je zodpovedná za väčšinu (asi 60 – 70 %) žalúdočnej sekrécie. Žalúdočnú fázu sekrécie vyvoláva rozťahnutie žalúdka potravou a prítomnosť štiepných produktov bielkovín, najmä aminokyselín.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Cefalická fáza**

Cefalická fáza predstavuje prvú fázu regulácie sekrécie žalúdočnej šťavy, ktorá nastáva ešte predtým, ako jedlo vstúpi do žalúdka. Podnetom je pohľad na jedlo, podráždenie čuchových alebo chuťových receptorov, myšlienka na jedlo). Uplatňuje sa podmienený reflex uvoľnenia žalúdočnej šťavy v očakávaní príjmu potravy. Cefalická fáza iniciuje uvoľňovanie žalúdočných štiav, ale neprodukuje sa počas nej najväčší objem žalúdočných sekrétov.

**C. Črevná fáza**

Črevná fáza nasleduje po žalúdočnej fáze, pričom začína pri prechode chýmu do duodéna. Počas tejto fázy sa uvoľňuje podstatne menšie množstvo žalúdočnej šťavy.

**D. Ani jedna z uvedených odpovedí**

Správna je odpoveď B – žalúdočná fáza.



**Kazuistika č. 10**

Na prednáške vysvetľuje profesor študentom medicíny dôležitosť pestrej stravy a vstrebávanie minerálov a stopových prvkov pre normálny vývoj, rast kostného tkaniva ako i ďalších štruktúr organizmu. Profesor okrem iného predstavuje študentom rôzne druhy potravín s najväčším zastúpením jednotlivých minerálnych a stopových látok. V tejto súvislosti, ktoré potraviny obsahujú najviac železa?

- A. Fazuľa, sója, mliečne výrobky, mandle
- B. Zelené rastliny, kakao, obilniny
- C. Vnútornosti, mäso, mäsové výrobky, vaječný žĺtok
- D. Kuchynská soľ

**SPRÁVNA ODPOVEĎ****C. Vnútornosti, mäso, mäsové výrobky, vaječný žĺtok**

Vymenované potraviny sú bohatým zdrojom železa, dôležitej súčasti hemoglobínu pre transport kyslíka.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Fazuľa, sója, mliečne výrobky, mandle**

Uvedené potraviny sú predovšetkým zdrojom vápnika. Vápnik je dôležitý stavebný prvok zubov, kostí, ale plní dôležité fyziologické úlohy aj v mäkkých tkanivách a krvi. Je nevyhnutný pri kontrole mnohých procesov v bunkách, pri kontrakcii svalov, zrážaní krvi, synaptických prenosoch a i..

**B. Zelené rastliny, kakao, obilniny**

Uvedené potraviny sú predovšetkým zdrojom horčíka. Horčík sa zúčastňuje ako aktivátor na intracelulárnych enzýmových reakciách (napr. pri metabolizme cukrov).

**D. Kuchynská soľ**

Kuchynská soľ je zdroj sodíka a chloridu. Dané minerály sú dôležité pri udržiavaní osmolality telových tekutín a pri generovaní akčného a membránového potenciálu.

6. FYZIOLÓGIA KARDIOVASKULÁRNEHO SYSTÉMU  
– KAZUISTIKY

**Kazuistika č. 1**

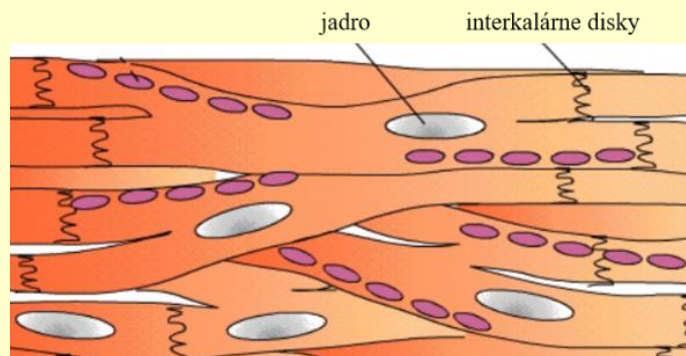
Šesťdesiatjednoročný pacient prichádza na oddelenie urgentného príjmu s búšením srdca (palpitácie) a dýchavičnosťou (dyspnoe). EKG vyšetrenie odhalí ventrikulárnu (komorovú) tachykardiu, potenciálne život ohrozujúcu arytmiu. Na stabilizáciu pacienta je potrebný okamžitý zásah. Po stabilizácii pacienta zdôrazňuje lekár praxujúcemu študentovi medicíny dôležitosť efektívnej elektrickej komunikácie medzi bunkami srdcového svalu pre synchronizovaný srdcový rytmus. V tejto súvislosti, ktorá z nasledujúcich štruktúr v rámci úlohy koordinovanej elektrickej aktivity pri udržiavaní pravidelného srdcového rytmu uľahčuje efektívny prenos akčných potenciálov medzi bunkami srdcového svalu?

- A. Rozsiahla kapilárna sieť
- B. Interkalárne disky a gap junctions
- C. Desmozómy
- D. T-tubuly

SPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Interkalárne disky a gap junctions**

Interkalárne disky podporujú synchronizovanú kontrakciu srdcového svalu. Tieto špecializované štruktúry spájajú jednotlivé bunky srdcového svalu (kardiomyocyty). Gap junctions sú špecializované proteínové kanály nachádzajúce sa v interkalárnych diskoch, ktoré umožňujú priamy prechod iónov a malých molekúl medzi susednými bunkami. Prostredníctvom týchto kanálov sa akčné potenciály môžu rýchlo a efektívne šíriť z jednej bunky srdcového svalu do ďalšej, čo vedie k synchronizovaným kontrakciám.



Obr. č. 45. Interkalárne disky medzi kardiomyocyty (upravené podľa <http://studenti.cgymkh.cz/studenti/biologie/7%20septima/Svaly%20hladke%20a%20srdecni/Srdecni%20svalstvo.pdf>).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Rozsiahla kapilárna sieť**

Kapiláry sú nevyhnutné na dodávanie kyslíka a živín do buniek srdcového svalu, avšak nezúčastňujú sa prenosu elektrických signálov medzi kardiomyocytmi.

**C. Desmozómy**

Desmozómy sú bunkové adhézne štruktúry, ktoré spájajú bunky srdcového svalu s extracelulárnym matrix, avšak ani tieto štruktúry sa nezúčastňujú prenosu akčných potenciálov v srdcovom svale.

**D. T-tubuly**

T-tubuly predstavujú pravidelné záhyby povrchu membrán, ktoré zohrávajú významnú úlohu pri uvoľňovaní iónov vápnika zo sarkoplazmatického retikula cez iónové kanály súčasne do všetkých častí bunky srdcového svalu. Vďaka tomu je zabezpečená rýchla a synchronizovaná kontrakcia srdcového svalu.

**Kazuistika č. 2**

Šesťdesiatdvaročná pacientka prichádza na vyšetrenie do kardiologickej ambulancie pre dýchavičnosť, neobvyklú únavu a bolesti na hrudi. Po úvodnom rozhovore zameranom na ťažkosti pacientky, auskultačnom vyšetrení srdca a natočení elektrokardiografického (EKG) záznamu pristúpi kardiológ k echokardiografickému vyšetreniu (t.j. vyšetrenie srdca ultrazvukom) na vizualizáciu štruktúry a funkcie srdca. Vyšetrenie odhalí anomáliu prietoku krvi, ktorá môže byť spôsobená dysfunkciou srdcovej chlopne. Lekár na základe tohto vyšetrenia vysvetľuje praxujúcej študentke medicíny dôležitosť poznania anatómie srdca a prietoku krvi v srdci pre správne porozumenie chlopňovým chybám, ich príznakom a komplikáciám. V tejto súvislosti, ktorá z nasledujúcich možností predstavuje správne poradie prietoku krvi srdcom?

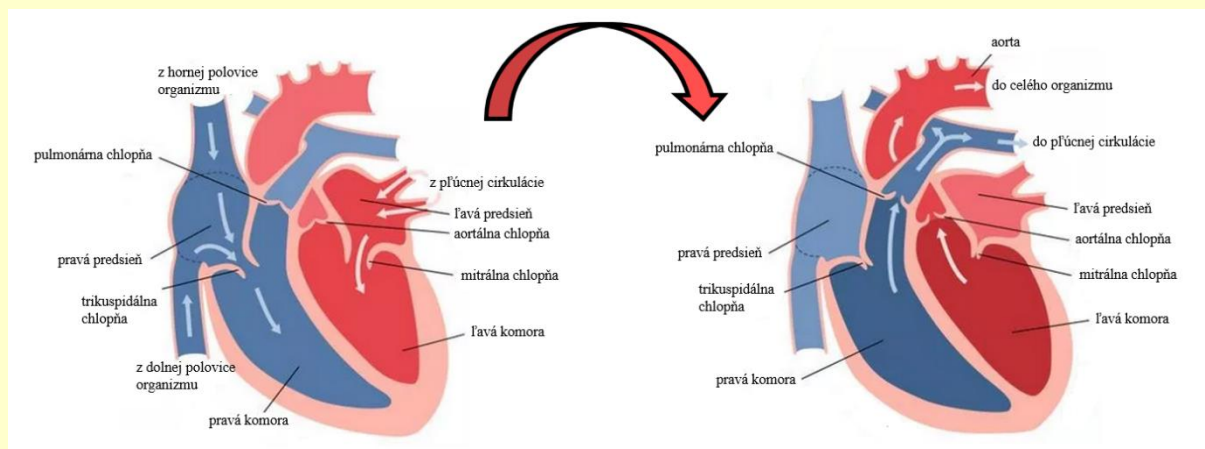
- A. Pravá predsieň, trikuspidálna chlopňa, pravá komora, aortálna chlopňa, pľúcna cirkulácia, ľavá predsieň, mitrálna chlopňa, ľavá komora, pulmonálna chlopňa
- B. Ľavá predsieň, mitrálna chlopňa, ľavá komora, pulmonálna chlopňa, pľúcna cirkulácia, pravá predsieň, trikuspidálna chlopňa, pravá komora, aortálna chlopňa
- C. Ľavá predsieň, mitrálna chlopňa, ľavá komora, aortálna chlopňa, pľúcna cirkulácia, pravá predsieň, trikuspidálna chlopňa, pravá komora, pulmonálna chlopňa
- D. Pravá predsieň, trikuspidálna chlopňa, pravá komora, pulmonálna chlopňa, pľúcna cirkulácia, ľavá predsieň, mitrálna chlopňa, ľavá komora, aortálna chlopňa

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**D. Pravá predsieň, trikuspidálna chlopňa, pravá komora, pulmonálna chlopňa, pľúcna cirkulácia, ľavá predsieň, mitrálna chlopňa, ľavá komora, aortálna chlopňa**

Odkysličenú krv z organizmu do pravej predsieni privádza horná a dolná dutá žila. Tento objem krvi sa nazýva venózný návrat. Počas kontrakcie predsieni prúdi krv z pravej predsieni do pravej komory cez otvorenú trikuspidálnu chlopňu. Po naplnení komory sa trikuspidálna chlopňa uzavrie, čím sa zabraňuje spätnému toku krvi do pravej predsieni počas kontrakcie pravej komory, kedy krv prúdi cez pľúcnu chlopňu do pľúcnej tepny a do pľúc, kde sa okysličí. Okysličená krv sa následne vracia cez pľúcne žily späť do srdca. Pľúcne žily privádzajú okysličenú krv z pľúc do ľavej predsieni. Počas kontrakcie ľavej predsieni prúdi krv do ľavej komory cez otvorenú mitrálnu chlopňu. Po naplnení komory sa mitrálna chlopňa uzavrie, čím

sa zabránuje spätnému toku krvi do ľavej predsieni počas kontrakcie komory. Počas kontrakcie ľavej komory prúdi krv cez aortálnu chlopňu do aorty a následne do celého organizmu.



**Obr. č. 46. Prietok krvi v srdci** (upravené podľa <https://biologydictionary.net/cardiac-cycle/>). Odkysličená krv z celého organizmu priteká do pravého srdca prostredníctvom hornej a dolnej dutej žily. Pravá predsieň je od pravej komory oddelená trikuspidálnou chlopňou, ktorej otvorenie umožňuje prúdenie krvi z pravej predsieni do pravej komory. Jej následné uzavretie zabránuje spätnému toku krvi do pravej predsieni počas kontrakcie pravej komory, kedy je krv vypudená cez pľúcnu chlopňu do pľúcnej cirkulácie na okysličenie. Okysličená krv prichádza do ľavej predsieni a počas kontrakcie ľavej predsieni cez otvorenú mitrálnu chlopňu do ľavej komory. Počas kontrakcie ľavej komory sa mitrálna chlopňa uzatvára a cez otvorenú aortálnu chlopňu je následne vypudená do aorty a transportovaná do celého organizmu.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Pravá predsieň, trikuspidálna chlopňa, pravá komora, aortálna chlopňa, pľúcna cirkulácia, ľavá predsieň, mitrálna chlopňa, ľavá komora, pulmonálna chlopňa**

Takéto poradie je nesprávne, pretože krv neprúdi z pravej komory cez aortálnu chlopňu, ale cez pulmonálnu chlopňu do pľúcnej cirkulácie. Navyše, kým krv dosiahne úroveň aortálnej chlopne, musí najprv prúdiť pravou komorou, pľúcnou chlopňou, pľúcnym obehom, ľavou predsieňou, mitrálnou chlopňou a ľavou komorou.

**B. Ľavá predsieň, mitrálna chlopňa, ľavá komora, pulmonálna chlopňa, pľúcna cirkulácia, pravá predsieň, trikuspidálna chlopňa, pravá komora, aortálna chlopňa**

Takéto poradie je nesprávne, pretože v tomto poradí krv prúdi ľavým srdcom do pľúcnej cirkulácie a pravého srdca, čo nie je správny prietok krvi. Správny prietok krvi srdcom je

z pravého srdca cez pľúcnu cirkuláciu do ľavého srdca. Navyše, ľavá komora je od aorty oddelená aortálnou chlopňou (nie pulmonálnou, ako je uvedené v tomto nesprávnom poradí) a pravá komora od pľúcnej cirkulácie pulmonálnou chlopňou (nie aortálnou, ako je uvedené v tomto nesprávnom poradí).

**C. Ľavá predsieň, mitrálna chlopňa, ľavá komora, aortálna chlopňa, pľúcna cirkulácia, pravá predsieň, trikuspidálna chlopňa, pravá komora, pulmonálna chlopňa**

Takéto poradie je nesprávne, pretože opäť popisuje nesprávny prietok krv z ľavého srdca cez pľúcnu cirkuláciu do pravého srdca.

**Kazuistika č. 3**

Štyridsaťdvaročný muž prichádza do kardiologickej ambulancie pre pretrvávajúce závraty, predovšetkým ráno pri postavení sa z postele. Niekedy sú prítomné závraty aj v priebehu dňa pri zmene polohy tela. Vyšetrenie tlaku krvi u muža v pokoji v sede je 110/70 mmHg. Lekár vyjadruje podozrenie na posturálnu hypotenziu. Ide typ hypotenzie (nízkeho tlaku krvi), kedy sú prítomné spomínané príznaky pri postavení sa alebo náhlej zmene polohy tela. Ktorý z uvedených testov sa využíva pri diagnostike tohto typu hypotenzie?

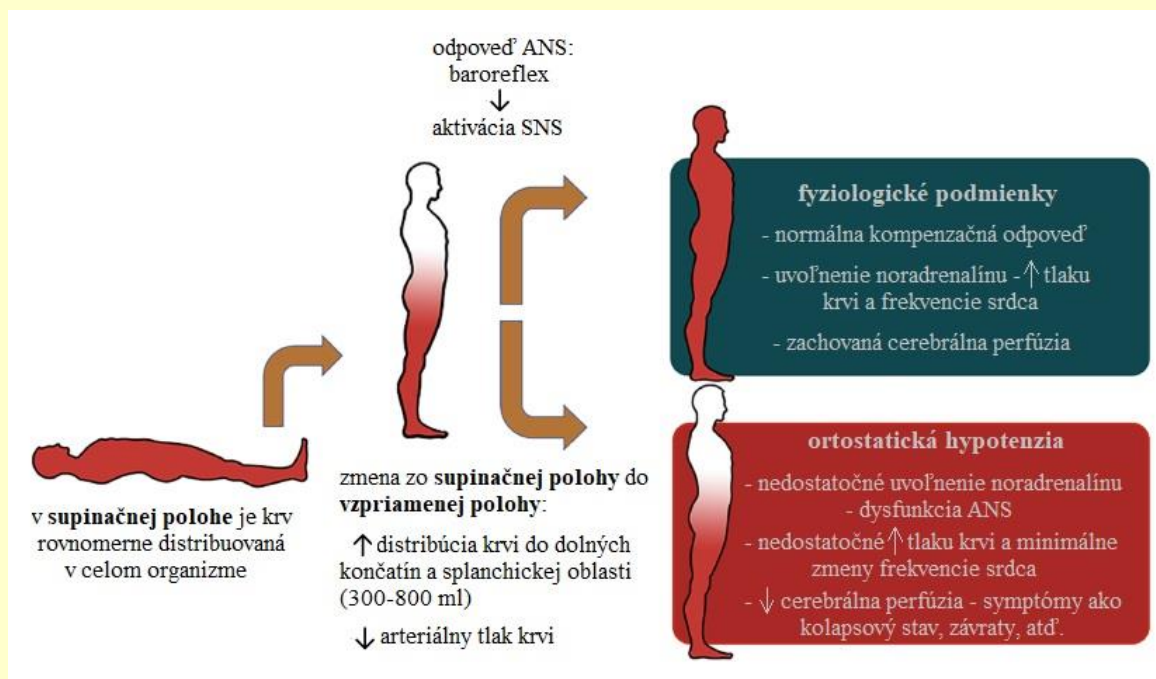
- A. Valsalvov manéver
- B. Pasívny a aktívny ortostatický test
- C. Chladový test
- D. Hand-grip test

**SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:**

**B. Ortostatický test**

Test sa používa pri diagnostike kolapsových stavov, ortostatických porúch, ako i porúch regulácie tlaku krvi a frekvencie srdca. Počas testu sa mení poloha vyšetrovaného z ľahu (prípadne sedu) do stoja, čo vyvolá hromadenie krvi v dolných končatinách, zníženie venózneho návratu a zníženiu tlaku krvi. U zdravého človeka sa pokles tlaku krvi kompenzuje zvýšením frekvencie srdca a periférnej vazokonstrikcie, čo vedie k zvýšeniu tlaku krvi. Posturálna (ortostatická) hypotenzia je definovaná ako pokles systolického tlaku krvi po postavení sa o viac ako 20 mmHg a/alebo pokles diastolického tlaku krvi o viac ako 10 mmHg do 3 minút po postavení sa.





**Obr. č. 47. Ortostatický test** (upravené podľa Guaraldi, P., Calandra-Buonaura 2023). V supinačnej polohe je krv rovnomerne distribuovaná v celom organizme. Pri zmene polohy tela do stoja dochádza vplyvom gravitácie k zmene v distribúcii krvi, kedy sa cca  $\geq 500\text{ml}$  krvi presúva predovšetkým do dolných končatín a venózneho splanchnického riečiska. To vedie k nedostatočnému venóznemu návratu, pričom výsledkom je zníženie arteriálneho tlaku krvi. Zníženie tlaku krvi vedie ku kompenzačnej aktivácii sympatikového nervového systému, ktorej cieľom je zvýšiť tlak krvi. Pri autonómnej dysfunkcii dochádza iba k miernemu zvýšeniu sympatikovej aktivity a tým k nedostatočnému zvýšeniu tlaku krvi., Frekvencia srdca sa mení len minimálne a perfúzia cerebrálnym riečiskom je znížená, dôsledkom čoho môžu byť komplikácie ako závraty, kolapsový stav a iné charakteristické napr. pre ortostatickú hypotenziu. ANS – autonómny nervový systém, SNS – sympatikový nervový systém

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

#### A. Valsalvov manéver

Test sa používa pri diagnostike kardiogénnych a neurogénnych porúch srdcového rytmu, ktoré dokážeme počas testu vyvolať, respektíve zhoršiť.

#### C. Chladový test

Jedná sa o test funkcie kardiovaskulárneho systému, pri ktorom sa merajú zmeny frekvencie srdca a tlaku krvi počas ponorenia predlaktia do nádoby so studenou vodou ( $4^{\circ}\text{C}$ ). Chladový stimul aktivuje aferentné senzorické dráhy vedúce ku aktivácii sympatikovej odpovede, ktorá

vedie ku zvýšeniu tlaku krvi. Zátťažový test môže vyvolať prejavy angina pectoris alebo bradykardiu, preto je možné ho použiť pri diagnostike uvedených patológií.

### **D. Hand-grip test**

Test prebieha pomocou stlačenia ručného dynamometra určitou silou počas presne stanoveného času. Pomocou tohto testu môžeme zistiť maximálnu izometrickú silu svalov ruky a predlaktia.

**Kazuistika č. 4**

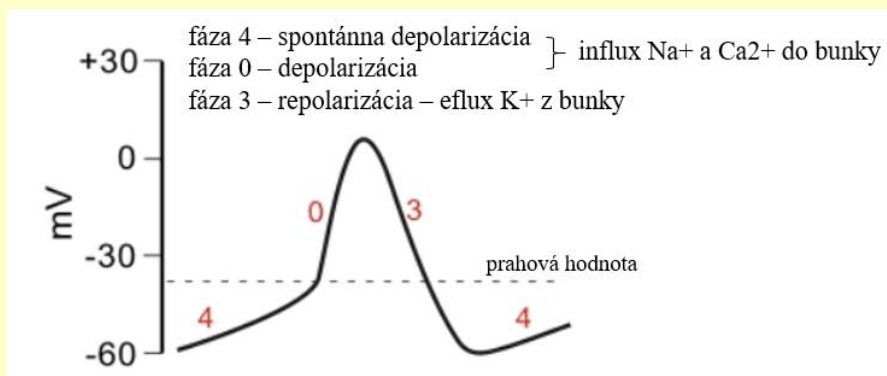
Šesťdesiatjedenročný muž prichádza na oddelenie urgentného príjmu z dôvodu pretrvávajúceho pocitu búšenia srdca (palpitácií). Pacient je sledovaný v kardiologickej ambulancii pre anamnézu srdcovej arytmie. Lekár na základe pacientovho EKG záznamu diskutuje s praxujúcim študentom medicíny o jednotlivých fázach srdcového cyklu a šírení akčného potenciálu v srdci, ktoré vedú k typickému vzhľadu kriviek na EKG zázname. Ktorý z nasledujúcich mechanizmov nie je prítomný počas fázy depolarizácie prevodového systému?

- A. Influx (vtok) vápenatých iónov do bunky
- B. Eflux (odtok) draslíkových iónov z bunky
- C. Influx sodíkových iónov do bunky
- D. Ani jedna z uvedených odpovedí

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. Eflux (odtok) draslíkových iónov z bunky**

K otvoreniu draslíkových kanálov a efluxu draslíkových iónov z kardiomyocytu dochádza počas fázy repolarizácie, nie počas fázy depolarizácie.

**Obr. č. 48. Akčný potenciál prevodového systému – sinoatriálneho uzla** (upravené podľa Blahút, 2017 dostupné na



<https://www.techmed.sk/akcny-potencial/>). Keď membrána dosiahne na konci repolarizácie polarizovaný stav -60mV, dochádza k spontánnemu otvoreniu pomalých sodíkových kanálov a sodík vteká do bunky. V bunke tak začína stúpať pozitívny elektrický náboj a dochádza k otvoreniu vápníkových kanálov a vápenaté ióny začnú vtekať do bunky, čo prispieva k ďalšej depolarizácii bunky (fáza 4 a 0). Počas fázy repolarizácie (fáza 3) dochádza k otvoreniu draslíkových kanálov, pričom draslíkové ióny začnú vytekať z bunky, čím sa znižuje pozitívny intracelulárny náboj.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Influx (vtok) vápenatých iónov do bunky**

**C. Influx sodíkových iónov do bunky**

Keď dosiahne membrána polarizovaný stav  $-60$  mV na konci repolarizácie, dochádza k spontánnemu otvoreniu pomalých sodíkových kanálov a sodík začne pomaly vtekať do bunky, čím sa začne bunka depolarizovať (t.j. v bunke stúpa pozitívny elektrický náboj). Pri dosiahnutí hodnoty  $-50$  mV dochádza k otvoreniu vápnikových kanálov (T-typ = tranzientné) a vápnikové ióny začnú vtekať do bunky. To prispeje k depolarizácii bunky na hodnotu  $-40$  mV a otvoreniu ďalšieho typu vápnikových kanálov (L-typ = „long lasting“), čo má za následok ešte väčší prísun vápnikových iónov do bunky a bunka sa preto ďalej depolarizuje.

**D. Ani jedna u uvedených odpovedí**

Správna je odpoveď B - eflux (odtok) draslíkových iónov z bunky.

**Kazuistika č. 5**

Šesťdesiatosemročná žena s anamnézou hypertenzie (vysoký krvný tlak) a diabetes mellitus (cukrovka) je privezená záchranou službou na oddelenie urgentného príjmu pre zvieravú bolesť na hrudníku. EKG záznam, natočený doma u pacientky je patologický a poukazuje na akútny infarkt myokardu (prítomné elevácie ST segmentu). Na základe doterajších vedomostí z fyziológie EKG krivky, ktoré z nasledujúcich tvrdení je správne?

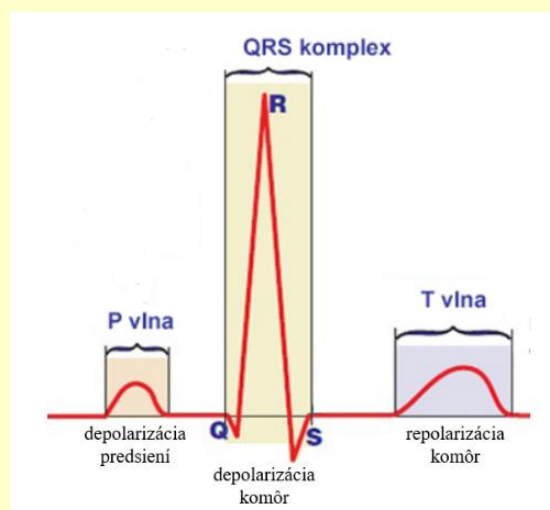
- A. P vlna je odrazom repolarizácie predsiení
- B. QRS komplex je odrazom depolarizácie komôr
- C. T vlna je odrazom repolarizácie predsiení
- D. ST segment je odrazom depolarizácie predsiení

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**B. QRS komplex je odrazom depolarizácie komôr**

Komplex QRS na EKG odráža depolarizáciu komôr, ktorá vedie ku kontrakcii komôr dôležitej pre vypudenie odkysličenej krvi z pravej komory do pľúcnej cirkulácie a okysličenej krvi z ľavej komory do aorty a následne do celého organizmu.

**Obr. č. 49. EKG krivka šírenia impulzu v srdci**  
(upravené podľa Blahút 2017).



**NESPRÁVNE ODPOVEDE:**

**A. P vlna je odrazom repolarizácie predsiení**

Vlna P je odrazom depolarizácie, nie repolarizácie predsiení, pričom začiatok vlny P predchádza nástupu kontrakcie predsiení.

**C. T vlna je odrazom repolarizácie predsiení**

Vlna T je odrazom repolarizácie komôr, nie predsiení

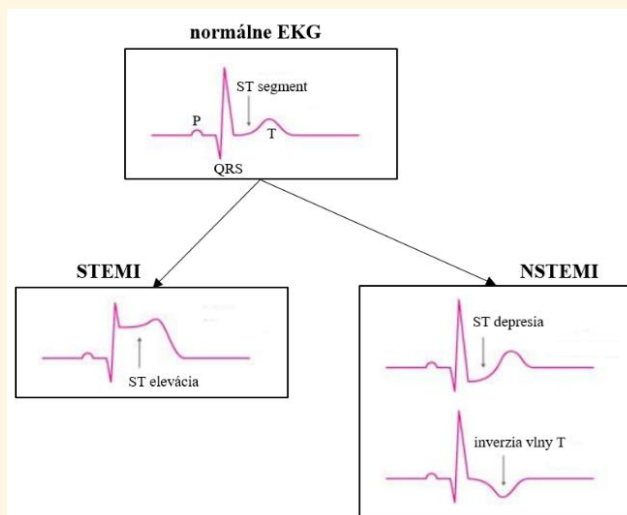
**D. ST segment je odrazom depolarizácie predsiení.**

ST segment predstavuje na EKG zázname úsek medzi koncom kmitu S (bodom J) a začiatkom vlny T a korešponduje s plató fázou akčného potenciálu

**KLINICKÉ OKIENKO – ROZLIŠENIE STEMI vs NSTEMI NA EKG KRIVKE**

Hodnotenie EKG krivky patrí medzi základné elektrofyziologické vyšetровacie metódy srdca v podstate vo všetkých medicínskych odboroch, preto je dôležité, aby študenti medicíny pochopili a dokázali správne vyhodnotiť EKG záznam. Na popis EKG záznamu používame 10-bodový prístup hodnotenia jednotlivých EKG charakteristík (o aký rytmus ide, pravidelnosť srdcového rytmu, frekvencia srdca, elektrická os, prevodové časy, deformity P vlny a QRS komplexu, prechodová zóna vo V zvodoch, ktorá poskytuje informáciu, kde sa nachádza stred elektrickej osi, ST segment, T vlna a iné). Hodnotenie ST segmentu predstavuje jednu z najdôležitejších častí popisovania EKG krivky, pričom za fyziologických okolností sa ST segment nachádza na úrovni izoelektrickej čiary. Pokiaľ sa ST segment nachádza na EKG zázname pod izoelektrickou čiarou, ide o tzv. depresiu ST segmentu a pokiaľ sa nachádza nad izoelektrickou čiarou, ide o tzv. eleváciu ST segmentu.

Práve podľa ST segmentu na EKG zázname je možné rozlišovať 2 typy infarktu myokardu, STEMI (*ST Elevation Myocardial Infarction*), ktorý vzniká v dôsledku oklúzie (uzáveru) artérie (prietok krvi artériou je zastavený) a NSTEMI (*Non-ST Elevation Myocardial Infarction*), ktorý vzniká v dôsledku stenózy (zúženia) artérie (prietok krvi artériou je síce znížený, ale zachovaný). Na EKG zázname sú pri STEMI prítomné elevácie ST segmentu, ktoré musia byť prítomné minimálne v dvoch susedných zvodoch. Pri NSTEMI sú na EKG zázname prítomné depresie ST segmentu.



**Obr. č. 50. EKG krivka za fyziologických okolností, pri STEMI a NSTEMI (upravené podľa Blahút 2017).**

**Kazuistika č. 6**

Študenti medicíny sa v simulačnom laboratóriu oboznamujú s modelom srdca, ktoré dokáže simulovať rôzne patologické srdcové stavy. Pri počúvaní srdcových šelestov vyučujúci testuje vedomosti študentov o funkcii jednotlivých srdcových chlopní. Následne prezentuje tento výrok: "Počas systoly komôr sa átrioventrikulárne chlopne otvárajú a semilunárne chlopne sa uzatvárajú." Ako by ste zhodnotili správnosť výroku vyučujúceho?

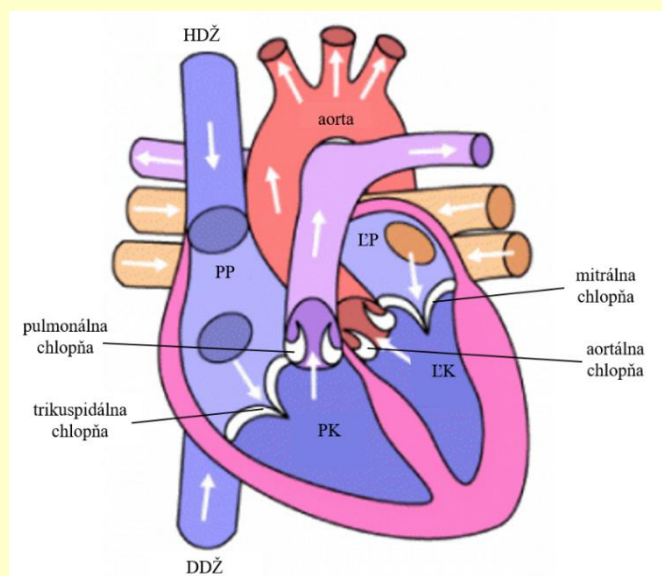
- A. Výrok vyučujúceho je správny
- B. Výrok vyučujúceho je čiastočne správny
- C. Výrok vyučujúceho je nesprávny
- D. Výrok vyučujúceho je čiastočne nesprávny

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**C. Výrok vyučujúceho je nesprávny**

Počas systoly komôr spôsobuje kontrakcia komôr zvýšenie tlaku v komore, čo má za následok takmer okamžité uzatvorenie átrioventrikulárnych chlopní (**trikuspidálnej** chlopne medzi pravou predsieňou a pravou komorou a **mitrálnej** chlopne medzi ľavou predsieňou a ľavou komorou). Pokračujúca kontrakcia komôr spôsobuje zvyšovanie tlakového gradientu medzi komorou a veľkými cievami (aortou a pľúcnicou), čo má za následok otvorenie semilunárnych chlopní (**pulmonálnej** chlopne medzi pravou komorou a pľúcnou tepnou a **aortálnej** chlopne medzi ľavou komorou a aortou) a vytlačenie odkysličenej krvi do pľúcnej cirkulácie a okysličenej krvi do aorty a následne do celého organizmu.

**Obr. č. 51. Uzatváranie átrioventrikulárnych chlopní a otváranie semilunárnych chlopní počas systoly komôr** (upravené podľa <http://www.kardioklub.biznisweb.sk/info/o-chlopniach/>). Biele šípky označujú smer prúdenia krvi v srdci. DDŽ – dolná dutá žila, HDŽ – horná dutá žila, EK – ľavá komora, ĽP – ľavá predsieň, PK – pravá komora, PP – pravá predsieň.



NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Výrok vyučujúceho je správny**

Počas systoly komôr sa átrioventrikulárne chlopne uzatvárajú (nie otvárajú) a semilunárne chlopne sa otvárajú (nie uzatvárajú).

**B. Výrok vyučujúceho je čiastočne správny**

**D. Výrok vyučujúceho je čiastočne nesprávny**

Výber týchto možností naznačuje, že určitá časť výroku je správna. Ani jedna časť výroku však správna nie je.



**Kazuistika č. 7**

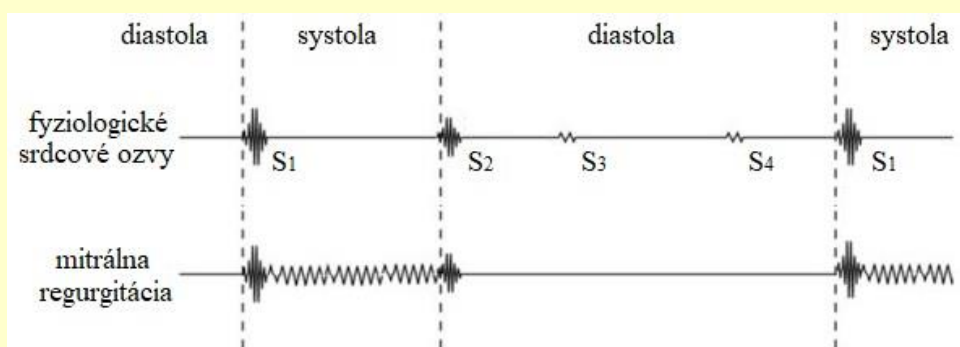
Desaťročný chlapec bol prijatý na pediatrickú kliniku pre „búšenie srdca“ (palpitácie) a dýchavičnosť (dyspnoe). Lekár na základe klinických príznakov a nálezů pri auskultácii srdca indikoval echokardiografické vyšetrenie, ktoré potvrdilo predpoklad prolapsu mitrálnej chlopne. Ide o najčastejšie diagnostikovanú srdcovú patológiu u detí a dospelých, pri ktorej dochádza k vychýleniu cípov mitrálnej chlopne do dutiny ľavej predsene počas kontrakcie ľavej komory. Dochádza k neúplnému uzavretiu mitrálnej chlopne, čo môže mať za následok spätný tok krvi z ľavej komory do ľavej predsene (regurgitácia) počas systoly komôr. V tejto súvislosti, identifikujte srdcovú ozvu, ktorá vzniká počas uzatvárania mitrálnej chlopne.

- A. Prvá srdcová ozva S1
- B. Druhá srdcová ozva S2
- C. Tretia srdcová ozva S3
- D. Štvrtá srdcová ozva S4

**SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:**

**A. Prvá srdcová ozva S1**

Prvá srdcová ozva S1 vzniká synchronným uzavretím átrioventrikulárných chlopní (trikuspidálnej a mitrálnej chlopne) a označuje začiatok komorovej systoly.



**Obr. č. 52. Fonokardioram (grafický záznam srdcových oziev) za fyziologických okolností a počas mitrálnej regurgitácie (upravené podľa Queyam, AB, Pahuja, SK, Singh 2018). S1 – prvá srdcová ozva, S2 – druhá srdcová ozva, S3 – tretia srdcová ozva, S4 – štvrtá srdcová ozva.**

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

### **B. Druhá srdcová ozva S2**

Druhá srdcová ozva S2 vzniká počas uzatvárania semilunárnych chlopní (pulmonálnej a aortálnej chlopne) na konci komorovej systoly.

### **C. Tretia srdcová ozva S3**

Tretiu srdcovú ozvu S3 počujeme na začiatku diastoly po druhej srdcovej ozve. Ak počujeme S3 v neskoršom veku, takmer vždy ide o patológiu, ktorá signalizuje srdcové zlyhávanie.

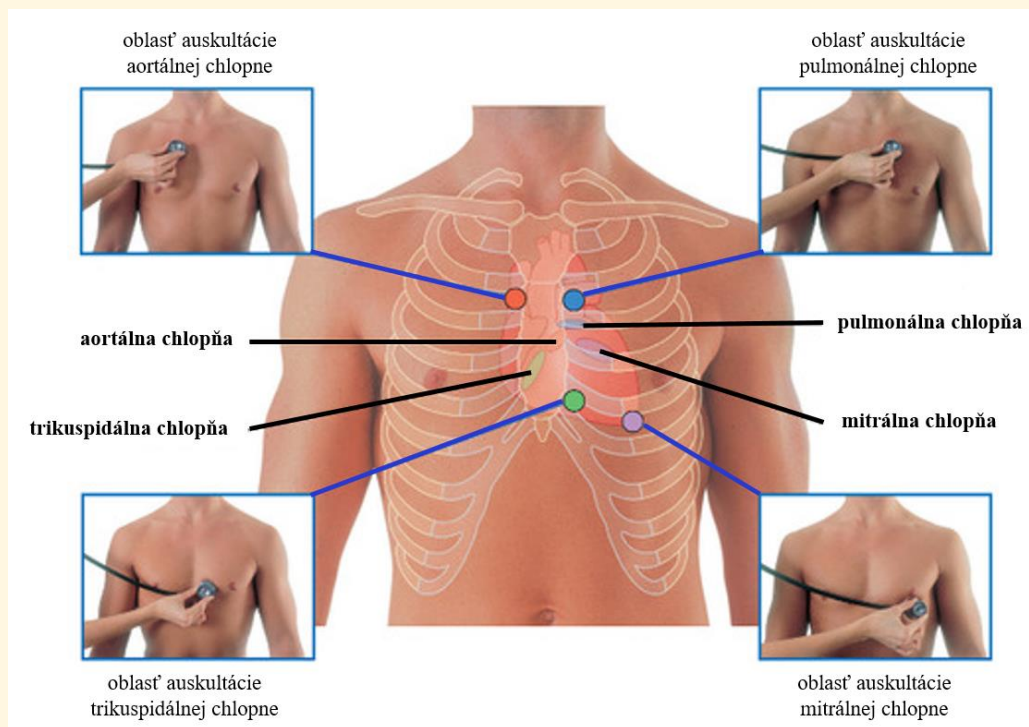
### **D. Štvrtá srdcová ozva S4**

Štvrtú srdcovú ozvu S4 počujeme počas presystoly komôr. Je spôsobená kontrakciou predsieni a vibráciou komôr počas presystolického plnenia, pričom počuteľná S4 je takmer vždy znakom poškodenia srdca.

## **KLINICKÉ OKIENKO – SRDCOVÉ OZVY ZA FYZIOLOGICKÝCH A PATOLOGICKÝCH OKOLNOSTÍ**

Auskultačné vyšetrenie srdca fonendoskopom predstavuje najdôležitejšie fyzikálne vyšetrenie srdca. Preto je dôležité poznať auskultačné miesta na hrudníku, na ktorých môžeme počuť jednotlivé srdcové ozvy. Za fyziologických okolností počujeme prvú a druhú srdcovú ozvu, niekedy je možné počuť aj tretiu srdcovú ozvu. Za patologických okolností môžeme počuť rozličné prídavné srdcové zvuky, tzv. srdcové šelesty. Pri auskultácii šelestov je potrebné si uvedomiť polohu chlopní počas srdcového cyklu v systole a v diastole. Počas systoly komôr sú trikuspidálna a mitrálna chlopňa uzatvorené a aortálna a pulmonálna chlopňa sú otvorené. Pokiaľ sa krvný prúd počas systoly vracia späť do predsieni, počujeme systolický (počas systoly) mitrálnej alebo trikuspidálnej regurgitačný šelest. Pokiaľ počas systoly komôr nie sú otvorené semilunárne chlopne, vzniká ejekčný systolický šelest ako následok stenózy aortálnej alebo pulmonálnej chlopne, ktorý počujeme v strede systoly. Počas diastoly sú mitrálna a trikuspidálna chlopňa otvorené a aortálna a pulmonálna chlopňa sú uzavreté. Pokiaľ nie sú átrioventrikulárne chlopne celkom otvorené, je prítomný presystolický šelest (počujeme tesne pred prvou ozvou) alebo mezodiastolický šelest (počujeme v strede diastoly) ako následok stenózy mitrálnej alebo trikuspidálnej chlopne. Pokiaľ nie sú semilunárne chlopne zatvorené,

vzniká skorý diastolický šelest ako následok regurgitácie krvi z aorty do ľavej komory alebo z pulmonálnej artérie do pravej komory.



**Obr. č. 53. Oblasti hrudníka s najvýraznejšie počuteľnými srdcovými ozvami pri auskultácii srdca** (upravené podľa [https://sk.iliveok.com/health/auskultacia-srdca\\_85212i15989.html](https://sk.iliveok.com/health/auskultacia-srdca_85212i15989.html)). Počas auskultácie srdca fonendoskopom je prvá srdcová ozva najlepšie počuteľná nad hrotom srdca, kde sa zameriavame na činnosť mitrálnej chlopne a nad úponom 5. rebra parasternálne vpravo (poprípade aj vľavo), kde sa zameriavame na činnosť trikuspidálnej chlopne. Druhú srdcovú ozvu najlepšie počujeme nad bázou srdca v 2. medzirebrí parasternálne vľavo, kde sa zameriavame na činnosť pulmonálnej chlopne a v 2. medzirebrí parasternálne vpravo, v oblasti aortálnej chlopne.

**Kazuistika č. 8**

Sedemdesiatpäťročný pacient s ischemickou chorobou srdca prichádza k svojej všeobecnej lekárke pre výraznejšiu dýchavičnosť (dyspnoe) a slabosť v poslednom čase. Po dôkladnom anamnestickom a fyzikálnom vyšetrení pacienta lekárka vysloví podozrenie na srdcové zlyhávanie a preto posieľa pacienta na ďalšie vyšetrenia na potvrdenie/vyvrátenie podozrenia. Srdcové zlyhávanie je stav, kedy srdce ako pumpa nie je schopné adekvátne prečerpávať krv pre potreby organizmu. V tejto súvislosti, ktorý z nasledujúcich kompenzačných mechanizmov je významný z hľadiska intrakardiálnej regulácie?

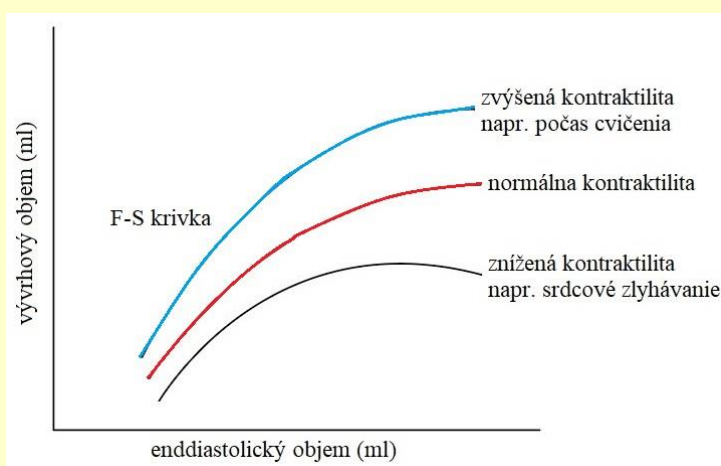
- A. Frank-Starlingov mechanizmus
- B. Zvýšený venózný návrat
- C. Zníženie sily kontrakcie
- D. Zníženie frekvencie srdca

**SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:****A. Frank-Starlingov mechanizmus**

Frank-Starlingov mechanizmus predstavuje základný mechanizmus intrakardiálnej regulácie, ktorý opisuje vzťah medzi predpäťm vlákien srdcového svalu (preload) a silou kontrakcie srdca. Tento mechanizmus zabezpečuje, že čím väčšia je objemová náplň srdcovej komory na konci diastoly (t.j. čím viac sú myofybrily napnuté), tým silnejší je následný sťah myokardu počas systoly (t.j. tým silnejšia je následná kontrakcia). Silnejšia kontrakcia následne vedie k vyššiemu srdcovému výdaju, ktorý je dôležitý pre dostatočné zásobovanie orgánov a tkanív krvou primerane ich metabolickej aktivity.

**Obr. č. 54. Krivky demonštrujúce Frank-Starlingov mechanizmus**

(upravené podľa Cross, ME, Plunkett 2014). Ide o vzťah medzi vývrhovým a end-diastolickým objemom, teda objemom krvi v srdcovej komore na konci diastoly. Stredná červená krivka znázorňuje situáciu pro kontraktilite za fyziologických podmienok. Modrá krivka znázorňuje vplyv pozitívneho



inotropného efektu (zvýšenej sily kontrakcie) na zvýšenie vývrhovému objemu (napr. pri zvýšení sympatikovej aktivity pri fyzickej aktivite). Čierna krivka demonštruje negatívny inotropný efekt (znížená sila kontrakcie a znížený vývrhový objem, napr. pri srdcovom zlyhávaní).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

### **B. Znížený venózný návrat**

Dostatočný návrat krvi do srdca (venózný návrat) je potrebný pre zabezpečenie primeranej veľkosti preloadu. Venózný návrat je pri srdcovom zlyhávaní normálny alebo zvýšený (nie znížený), pričom podľa Frank-Starlingovho mechanizmu, zvýšený preload (v dôsledku zvýšeného venózneho návratu) vedie k zvýšenej sile kontrakcie a následne k zvýšenému srdcovému výdaju.

### **C. Zníženie sily kontrakcie**

Na základe Frank-Starlingovho mechanizmu, čím viac je srdcový sval natiahnutý (preload), tým silnejšie sa sťahuje, čo vedie k zvýšenému vývrhovému objemu a srdcovému výdaju.

### **D. Zníženie frekvencie srdca**

V reakcii na zvýšenie venózneho návratu a preloadu dochádza k zvýšeniu frekvencie srdca (nie zníženiu) prostredníctvom reflexných mechanizmov, ako je napr. Bainbridgeov reflex. Tento reflexný mechanizmus sa spúšťa stimuláciou predsieňových baroreceptorov zvýšeným tlakom krvi v pravej predsieni, a to v dôsledku zvýšeného venózneho návratu a objemu krvi v srdci.

**Kazuistika č. 9**

Štyridsaťosemročný pacient navštevuje svojho všeobecného lekára pre pretrvávajúcu horúčku. Napriek antibiotickej liečbe sa stav pacienta ani po niekoľkých dňoch nezlepšuje. Naopak, pacient prichádza na oddeleniu urgentného príjmu pre ťažkosti s dýchaním a bolesťami na hrudníku. Po natočení EKG službu konajúci lekár diagnostikuje pacientovi fibriláciu predsiení, potenciálne život ohrozujúci stav. V tejto súvislosti, aká je optimálna vnútorná teplota (tzv. „core temperature“) pre srdcovú činnosť?

- A. 35,5 °C
- B. 36 °C
- C. 37 °C
- D. 38,5 °C

**SPRÁVNA ODPOVEĎ****C. 37 °C**

Optimálna vnútorná teplota tela pre správnu činnosť srdca je 37 °C.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE****A. 35,5 °C****B. 36 °C**

Zníženie telesnej teploty je spojené so zníženou aktivitou srdcovej činnosti (t.j. spomalenie frekvencie srdca).

**D. 38,5 °C**

Zvýšenie telesnej teploty je spojené so zvýšením frekvencie srdca.

**Kazuistika č. 10**

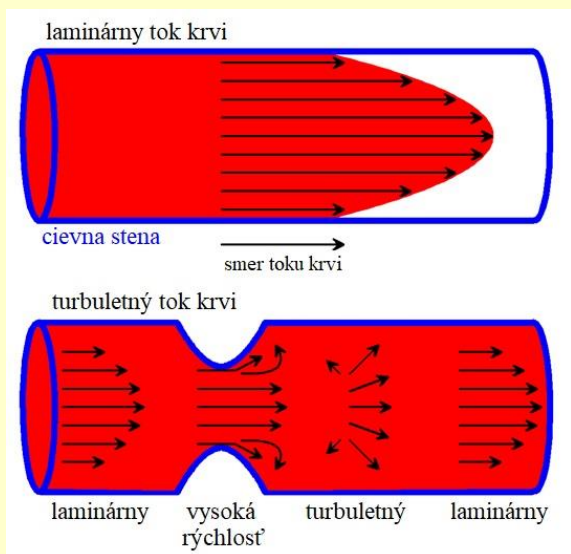
Počas praxe na internej klinike dostane študent za úlohu pred vizitou odmerať tlak krvi pacientovi. Študent zisťuje hodnoty systolického a diastolického tlaku krvi auskultačnou metódou, t.j. pomocou klasického tlakomera s fonendoskopom. Počas vyšetrovania po priložení fonendoskopu nad *arteria brachialis* dokáže študent medicíny diferencovať tzv. Korotkovove fenomény, ktoré vznikajú turbulentným prúdením krvi po uvoľnení manžety. Pri ktorých Korotkovových fenoménoch odčítavame hodnotu systolického a diastolického tlaku krvi?

- A. Pri prvom a treťom Korotkovovom fenoméne
- B. Pri prvom a štvrtom/piatom Korotkovovom fenoméne
- C. Pri druhom a štvrtom/piatom Korotkovovom fenoméne
- D. Pri druhom a treťom Korotkovovom fenoméne

SPRÁVNA ODPOVEĎ:

**B. Pri prvom a štvrtom/piatom Korotkovovom fenoméne**

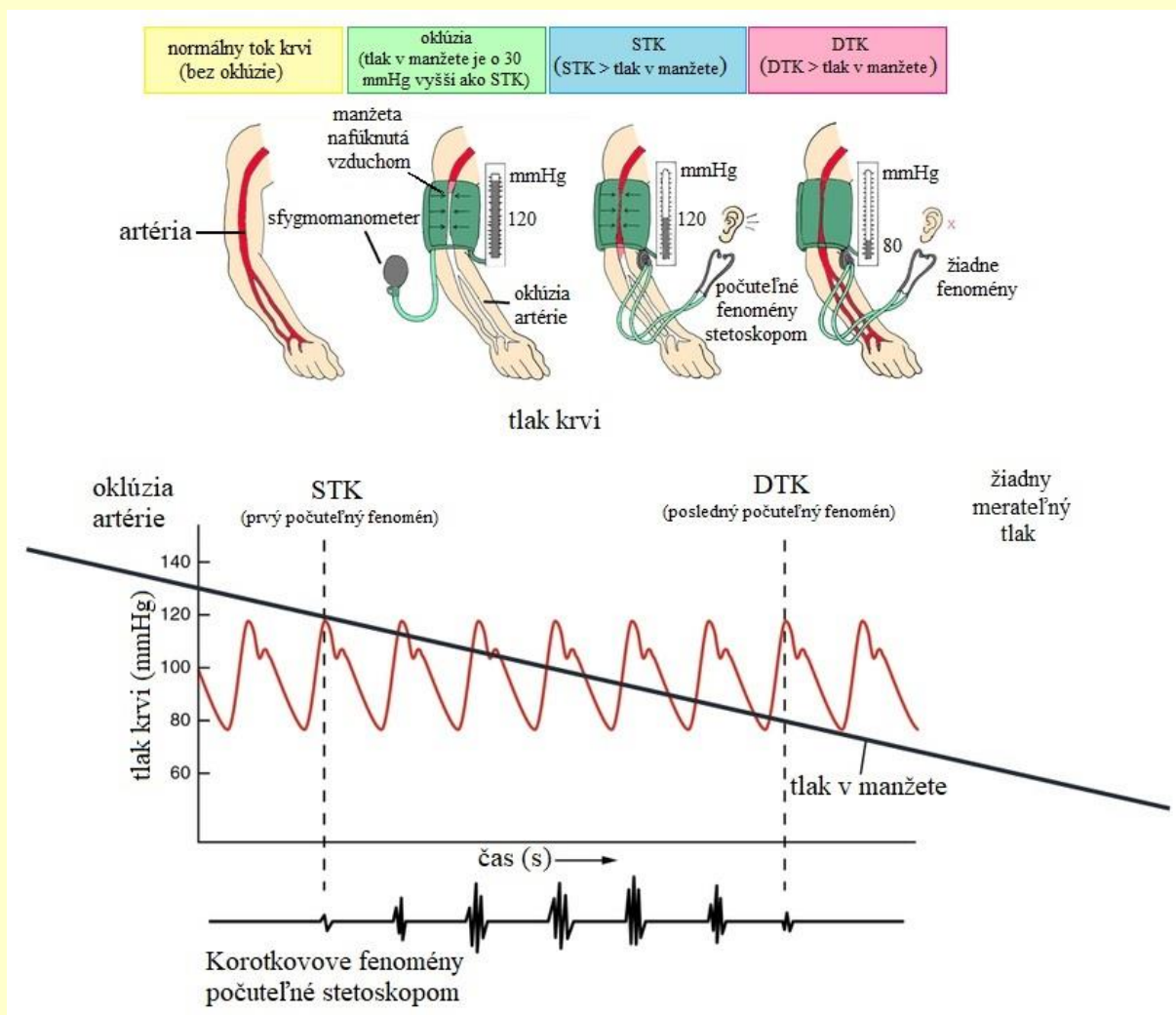
Za fyziologických podmienok je prúdenie krvi v cievach laminárne (obr. č. 56) a nie je sprevádzané žiadnymi zvukmi. Pri meraní tlaku krvi sa v dôsledku nafúknutia manžety (zvyšovania tlaku v manžete) ovinutej okolo ramena na hodnotu vyššiu ako systolický tlak krvi uzavrie *arteria brachialis*. Následne začne v dôsledku pomalého uvoľňovania manžety prechádzať artériou krv, pričom vzniká turbulentné prúdenie krvi. Sprievodné zvuky, tzv. Korotkovove fenomény, môžeme počuť pomocou fonendoskopu. Pri počutí prvého zvuku



(prvý Korotkovov fenomén) odčítavame hodnotu systolického tlaku krvi a pri náhlom utlmení (štvrtý Korotkovov fenomén), resp. úplnom vymiznutí zvukov (piaty Korotkovov fenomén) odčítavame hodnotu diastolického tlaku krvi (obr. č. 57). Vymiznutie zvukov korešponduje s úplným obnovením laminárneho prúdenia krvi.

**Obr. č. 55. Laminárne a turbulentné prúdenie v cieve** (upravené podľa Physiology Illustration: Laminar versus turbulent flow in blood vessels. - PhysiologyWeb).





**Obr. č. 56. Meranie tlaku krvi prostredníctvom auskultačnej metódy na základe Korotkovových fenoménov** (upravené podľa DeSaix et al., 2013; P.; Betts, G.J.; Johnson, E.; Johnson, J.E.; Oksana, K.; Kruse, D.H.; Poe, B.; Wise, J.A.; Young 2013; Mousavi a kol., 2024). Po naložení a nafúknutí Recklinghausenovej manžety na cca o 30 – 40 mmHg vyšší tlak, ako je očakávaný tlak krvi, priložíme fonendoskop do kubitálnej jamky. Postupným vypúšťaním vzduchu z manžety odčítame hodnotu systolického tlaku krvi (STK) pri prvom počutí zvukov a hodnotu diastolického tlaku krvi (DTK) pri vymiznutí zvukov.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

#### A. Pri prvom a treťom Korotkovovom fenoméne

Prvý Korotkovov fenomén zodpovedá prvému jasnému, zvučnému zvuku, pri ktorom odčítavame hodnotu systolického tlaku krvi. Tretí Korotkovov fenomén predstavuje jasný zvuk, ktorý postupne začína slabnúť. Diastolický tlak krvi však odčítavame až pri náhlom utlmení, resp. úplnom vymiznutí zvukov (štvrtý/piaty Korotkovov fenomén).



**C. Pri druhom a štvrtom/piatom Korotkovovom fenoméne**

Po začutí prvého zvuku a ďalšom postupnom klesaní tlaku v manžete sa vzniknuté zvuky zosilňujú a postupne menia na šelesty (druhý Korotkovov fenomén). Štvrtý/piaty Korotkovov fenomén ako už bolo spomenuté zodpovedá náhlemu utlmeniu, resp. úplnému vymiznutiu zvukov, kedy odčítavame hodnotu diastolického tlaku krvi.

**D. Pri druhom a treťom Korotkovovom fenoméne**

Druhý ani tretí Korotkovov fenomén (uvedené vyššie) nepredstavujú hodnotu systolického ani diastolického tlaku krvi.

## 7. FYZIOLÓGIA RESPIRAČNÉHO SYSTÉMU – KAZUISTIKY

**Kazuistika č. 1**

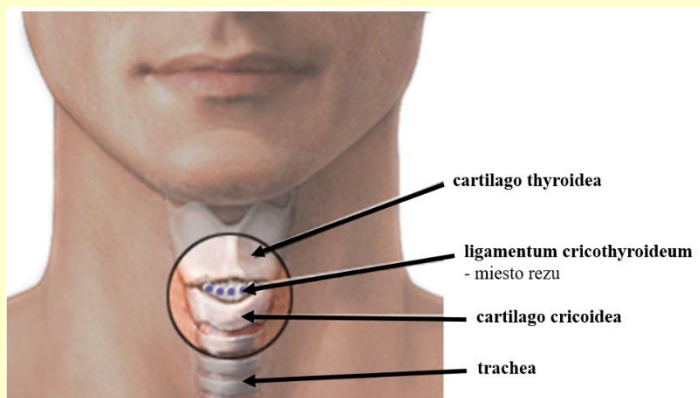
Päťdesiatosemročný muž utrpel pri dopravnej nehode motorového vozidla priamy úder do prednej časti krku. Ošetrojúci lekár má podozrenie na poranenie chrupavkovitých štruktúr hrtana (laryngu). V tejto súvislosti, ktoré z nasledujúcich tvrdení týkajúcich sa hrtanových chrupaviek je správne?

- A. Najnižšie položenou chrupavkou v hrtane je epiglottis.
- B. Na rozdiel od ostatných chrupaviek hrtana predstavuje epiglottis hyalínovú chrupavku.
- C. Hrtan pozostáva zo štyroch nepárových chrupaviek.
- D. Chrupavky hrtana sú navzájom spojené kĺbmi, ligamentami a väzivovými membránami.

**SPRÁVNÁ ODPOVEĎ:**

**D. Chrupavky hrtana sú navzájom spojené kĺbmi, ligamentami a väzivovými membránami.**

Z klinického hľadiska je významné *ligamentum cricothyroideum*, ktoré premoštuje dolný okraj *cartilago thyroidea* s horným okrajom *cartilago cricoidea*, pretože v strednej časti tohto väzu sa vykonáva koniotómia. Ide o život zachraňujúci úkon, ktorým sa obnovuje dýchanie v prípadoch nepriechodnosti horných dýchacích ciest a hrtanu, napr. v dôsledku uviaznutia cudzieho telesa v oblasti hlasivkových väzov alebo v subglotickej oblasti. Ďalšie významné ligamentá a membrány spájajúce chrupavky hrtana zahŕňujú *ligamentum vocale*, *ligamentum cricothyroideum*, *ligamentum thyroepiglotticum*, *ligamentum hyoepiglotticum*, *ligamentum vestibulare*, *membrana quadrangularis* a *membrana thyrohyoidea*, ktorá je v strednej čiare a po stranách zosilnená, čím vzniká nepárové *ligamentum thyrohyoideum medianum* a párové *ligamentum thyrohyoideum laterale*.



**Obr. č. 57. Hrtan a miesto kde sa vykonáva koniotómia** (upravené podľa <https://www.mountsinai.org/health-library/surgery/emergency-airway-puncture>).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Najnižšie položenou chrupavkou v hrtane je epiglottis.**

Najnižšie položenou chrupavkou hrtana je nepárová *cartilago cricoidea*, nie epiglottis.

**B. Na rozdiel od ostatných chrupaviek hrtana pozostáva epiglottis z hyalínovej chrupavky.**

Epiglottis sa líši od ostatných chrupaviek tým, že jej základ tvorí elastická chrupavka.

**C. Hrtan pozostáva zo štyroch nepárových chrupaviek.**

Hrtan pozostáva z nepárových chrupaviek *cartilago thyroidea*, *cartilago cricoidea* a epiglottis a párových *cartilago arytenoidea*, *cartilago corniculata* a *cartilago cuneiformis*.

**Kazuistika č. 2**

Tridsaťštyriročný muž prichádza na oddelenie urgentného príjmu pre palpitácie, pocit dusenia sa, bolesti na hrudníku, zrýchlené plytké dýchanie a chvenie. Navyše pacient udáva veľký strach, že zomrie. Ošetrojúci lekár vysvetľuje praxujúcemu študentovi medicíny, že sa jedná o typické príznaky panického ataku. Výsledky vyšetrenia acidobázickej rovnováhy z kapilárnej krvi sú nasledovné: pH je 7,45; bikarbonáty je 25 mmol/l; parciálny tlak kyslíka je 12,1 kPa; a parciálny tlak oxidu uhličitého je 4,7 kPa. Na akú poruchu acidobázickej rovnováhy poukazujú dané výsledky?

- A. Metabolická acidóza
- B. Respiračná acidóza
- C. Metabolická alkalóza
- D. Respiračná alkalóza

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**D. respiračná alkalóza**

Respiračná alkalóza je charakterizovaná zvýšením pH nad 7,44 (alkalóza) a znížením  $\text{PaCO}_2$  pod 5,3 kPa (respiračná), ku ktorej môže dochádzať napr. pri hyperventilácii počas psychickej záťaže (ako v prípade pacienta z tejto kazuistiky), pri horúčke a pod..

poruchy ABR	respiračná acidóza	respiračná alkalóza	metabolická acidóza	metabolická alkalóza
vyšetrenie ABR z kapilárnej krvi				
kompensácia poruchy ABR respiračným systémom	-	-		
kompensácia poruchy ABR obličkami				

**Obr. č. 58. Poruchy acidobázickej rovnováhy** (upravené podľa <https://ditki.com/course/physiology/glossary/term/acid-base-disorders>). Poruchy ABR primárne

vyvolané zmenou parciálneho tlaku oxidu uhličitého ako respiračné a poruchy ABR primárne vyvolané zmenou plazmatickej koncentrácie hydrogenuhlíčanových aniónov označujeme ako metabolické. Kompenzácia porúch ABR predstavuje adaptačný zásah pôvodne nezmenenej zložky ABR na dosiahnutie približne fyziologického pH. Zjednodušene metabolické poruchy ABR kompenzuje respiračný systém a respiračné poruchy ABR sú kompenzované obličkami. ABR – acidobázická rovnováha,  $\text{CO}_2$  – oxid uhličitý,  $\text{PaCO}_2$  – parciálny tlak oxidu uhličitého z arteriálnej krvi,  $\text{H}^+$  – vodíkový ión,  $\text{HCO}_3^-$  – hydrogenuhlíčanový anion (bikarbonát).

#### NESPRÁVNE ODPOVEDE:

##### **A. Metabolická acidóza**

Metabolická acidóza je charakterizovaná znížením pH pod 7,36 (acidóza) a znížením  $\text{HCO}_3^-$  pod 22 mmol/l (metabolická), ku ktorej môže dochádzať napr. pri hnačkách (zvýšené straty  $\text{HCO}_3^-$ ), alebo poškodení obličiek (nedostatočné vylučovanie  $\text{H}^+$ ).

##### **B. Respiračná acidóza**

Respiračná acidóza je charakterizovaná znížením pH pod 7,36 (acidóza) a zvýšením  $\text{PaCO}_2$  nad 5,3 kPa (respiračná), ku ktorej môže dochádzať napr. pri hypoventilácii (následok útlmu dýchania), ochoreniach pľúc, neuromuskulárnych ochoreniach a pod..

##### **C. Metabolická alkalóza**

Metabolická alkalóza je charakterizovaná zvýšením pH nad 7,44 (alkalóza) a zvýšením  $\text{HCO}_3^-$  nad 26 mmol/l (metabolická), ku ktorej môže dochádzať napr. pri vracaní (nadmernej straty  $\text{H}^+$ ), alebo nadmernej tvorbe  $\text{HCO}_3^-$ .

**Kazuistika č. 3**

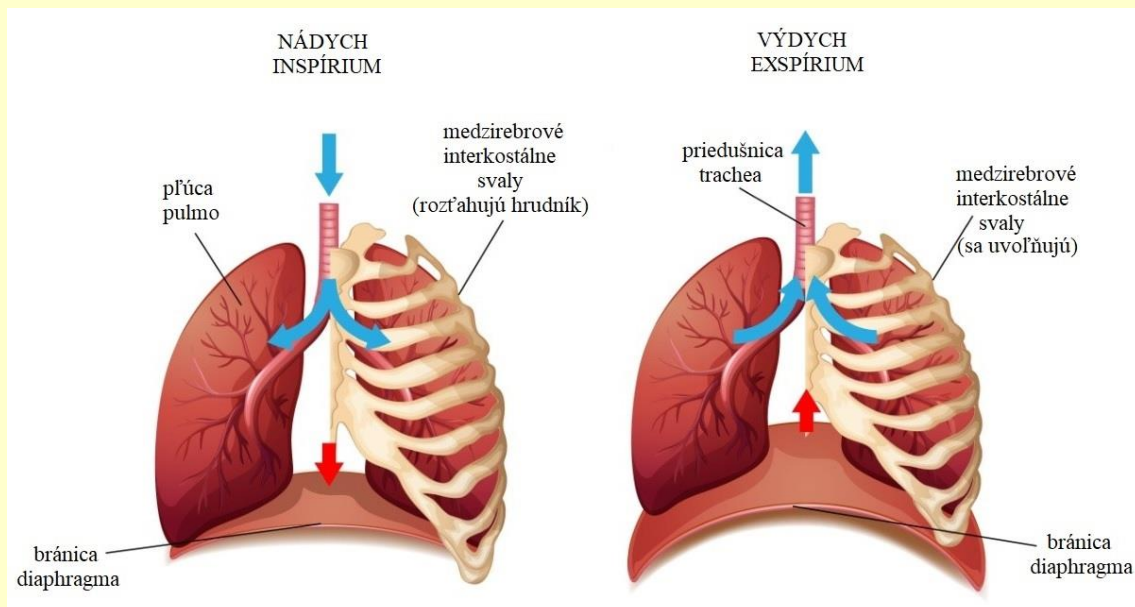
Dvadsaťsedemročný športovec sa zotavuje zo zranenia rebier, ktoré utrpel počas športového podujatia. Fyzioterapeut sa zameriava na cvičenia na zlepšenie pohybu hrudnej steny a zabezpečenie optimálnej funkcie dýchania. Lekár diskutuje so študentami medicíny o význame dýchacích svalov pri napomáhaní regenerácie športovca. Je nasledujúce tvrdenie lekára, že „inspiračné svaly zahŕňujú bránicu a vonkajšie interkostálne (medzirebrové) svaly“ správne?

- A. Toto tvrdenie je správne.
- B. Toto tvrdenie nie je správne.
- C. Toto tvrdenie je čiastočne správne.
- D. Toto tvrdenie je čiastočne nesprávne.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**A. Toto tvrdenie je správne.**

**Bránica a vonkajšie interkostálne (medzirebrové) svaly predstavujú hlavné inspiračné svaly, ktoré napomáhajú nasávaniu vzduchu do pľúc. Počas inšpiria sa bránica pohybuje nadol, pričom sa zväčšuje objem hrudníkovej dutiny a vonkajšie interkostálne svaly napomáhajú rozširovaniu hrudníkovej dutiny zdvihnutím rebier.**



**Obr. č. 59. Medzirebrové (interkostálne) svaly a bránicu (diafragmu) počas nádychu (inspiria) a výdychu (exspiria) pri pokojnom dýchaní (upravené podľa <https://www.okrehabilitace.cz/>).**

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Toto tvrdenie nie je správne.**

Bránica i vonkajšie interkostálne (medzirebrové) svaly sa podieľajú na inspiriu.

**C. Toto tvrdenie je čiastočne správne.**

Celé tvrdenie je správne, pretože bránica aj vonkajšie interkostálne svaly sú inspiračné svaly.

**D. Toto tvrdenie je čiastočne nesprávne.**

Ako bolo spomenuté už v predošlých možnostiach, tvrdenie je správne pretože bránica a vonkajšie interkostálne (medzirebrové) svaly predstavujú inspiračné svaly.



**Kazuistika č. 4**

Tridsaťosemročný pacient prichádza na oddelenie urgentného príjmu pre ťažkú exacerbáciu astmy. V dôsledku únavy dýchacích svalov a pretrvávajúcej hyperkapnie (zvýšené množstvo oxidu uhličitého v krvi) lekár zvažuje použitie mechanickej ventilácie. Pri tom vysvetľuje princípy pretlakovej ventilácie v rámci fyziológie dýchania študentovi medicíny. Posúďte správnosť lekárovho tvrdenia: „Počas výdychu vedie zníženie objemu hrudníka k zvýšeniu alveolárneho tlaku, čo uľahčuje vypudenie vzduchu z pľúc.“

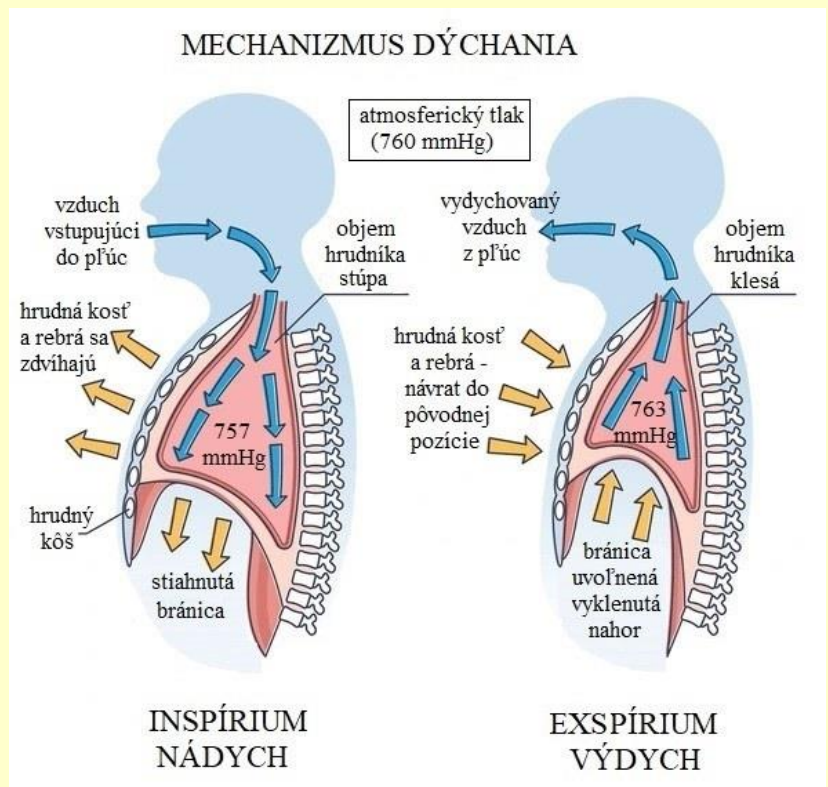
- A. Lekárove tvrdenie je správne.
- B. Lekárove tvrdenie je nesprávne.
- C. Lekárove tvrdenie je čiastočne správne.
- D. Lekárove tvrdenie je čiastočne nesprávne.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****A. Lekárove tvrdenie je správne.**

Počas výdychu sa bránica a vonkajšie interkostálne (medzirebrové) svaly uvoľňujú, čo spôsobuje zmenšenie objemu hrudníka. Toto zníženie objemu zvyšuje tlak v alveolách. Pri zvýšení alveolárneho tlaku nad atmosférický tlak dochádza k vytlačeniu vzduchu z pľúc.

**Obr. č. 60. Mechanizmy inšpiria a expíria** (upravené podľa <https://sk.pinterest.com/pin/>).

Inšpirium predstavuje aktívny dej, ktorý nastáva sťahom hlavného respiračného svalu – bránice, vonkajších medzirebrových svalov a pomocných inšpiračných svalov, čím sa zväčšuje hrudníková dutina a rozpínajú sa pľúca. Expírium je za pokojových podmienok pasívny proces, ktorý začína relaxáciou inšpiračných svalov. Bránica a rebrá sa vracajú do pôvodnej polohy



a v dôsledku klesajúceho objemu hrudníkovej dutiny sa pľúca stláčajú. Elastické vlastnosti respiračného systému a práca dýchacích svalov podmieňujú vznik tlakov v dýchacích cestách, interpleurálnom a alveolárnom priestore. Rozdiely týchto tlakov majú rozhodujúci význam pre prúdenie vzduchu počas dýchania. Tento proces popisuje Boylov zákon, ktorý hovorí, že objem plynu sa mení nepriamo úmerne tlaku pri konštantnej teplote. Aplikácia tohto princípu pri inšpiriu je nasledovná: expanzia hrudníka (zväčšenie objemu) vedie k zníženiu interpleurálneho (vnútrohrudného) tlaku. Keďže sú pľúca poddajné, zníženie interpleurálneho tlaku spôsobí pokles alveolárneho tlaku. Toto zníženie hodnoty alveolárneho tlaku pod hodnotu atmosferického tlaku (t.j. alveolárny tlak je negatívny vzhľadom na okolie) vedie k nasávaniu vzduchu z atmosféry do pľúc. Pri expíriu sa bránica vracia do pôvodnej polohy, zvýši sa interpleurálny a alveolárny tlak. Zvýšenie alveolárneho tlaku nad hodnotu atmosferického tlaku (t.j. alveolárny tlak je pozitívny vzhľadom na okolie) vedie k prúdeniu vzduchu z pľúc do atmosféry.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Lekárove tvrdenie je nesprávne.**

Lekárove tvrdenie odkazuje na fyziologické zmeny počas výdychovej fázy, preto je táto možnosť nesprávna.

**C. Lekárove tvrdenie je čiastočne správne.**

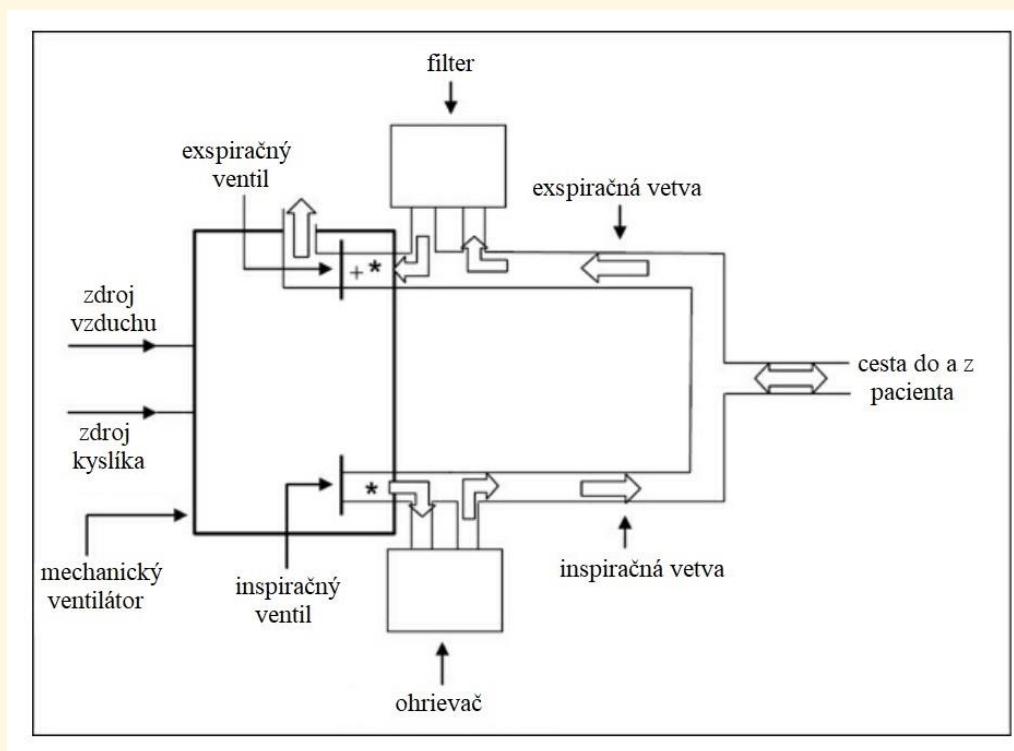
Táto možnosť naznačuje, že iba časť vyhlásenia je správna. Celé lekárove tvrdenie je však správne, preto táto možnosť nie je správna.

**D. Lekárove tvrdenie je čiastočne nesprávne.**

Aj keď by sme mohli považovať toto tvrdenie rovnocenné odpovedi C, t.j. lekárove tvrdenie je čiastočne správne, rovnako naznačujúce len čiastočnú správnosť tvrdenia, predmetné lekárove tvrdenie je úplne správne, takže aj táto možnosť je nesprávna.

**KLINICKÉ OKIENKO – UMELÁ PĽÚCNA VENTILÁCIA**

Základným princípom fungovania mechanických ventilátorov, zabezpečujúcich umelú pľúcnu ventiláciu pacientovi je pripojenie k vysokotlakovému zdroju kyslíka a vzduchu. Plyny sa po vstupe do ventilátora zmiešajú tak, aby vytvorili vhodnú koncentráciu frakčného inspiračného kyslíka stanovenú lekárom, individuálne podľa potrieb pacientov. Pri nástupe inspiria sa inspiračný ventil otvorí, aby umožnil tomuto stlačenému plynu prúdiť cez ohrievač a zvlhčovač, cez inspiračné rameno okruhu ventilátora, endotracheálnu trubicu až do pacientových pľúc. Inspírium končí, keď sa inspiračný ventil zatvorí a následne sa otvorí expiračný ventil. Vydýchnutý plyn cestuje späť do ventilátora cez výdychovú vetvu okruhu ventilátora a pred uvoľnením do atmosféry prechádza cez filter. Objem a prietok plynu sa merajú vždy, keď plyn opúšťa a vracia sa do ventilátora. Tlak v dýchacích cestách sa nepretržite meria v okruhu ventilátora.



**Obr. č. 61. Schematický diagram ventilátora a okruhu ventilátora** (upravené podľa Hickey a kol., 2024). \* Označuje miesto merania prietoku a objemu. + Označuje miesto merania tlaku v dýchacích cestách.

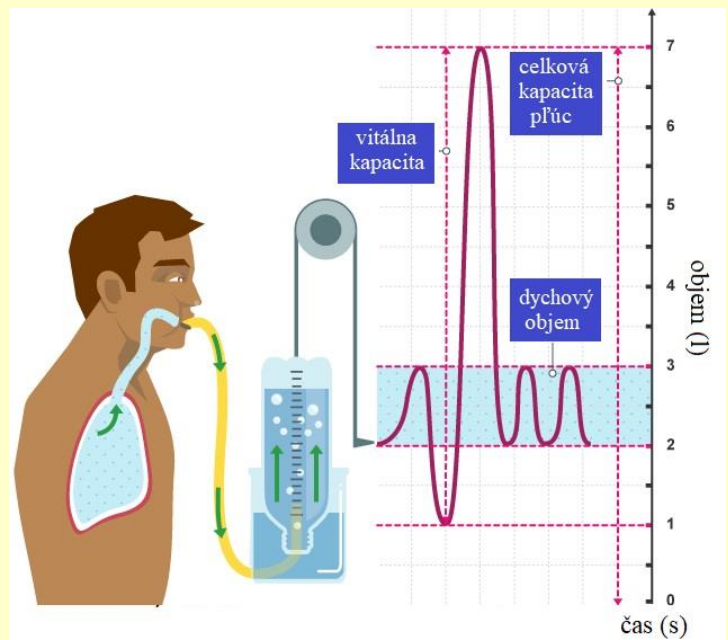
**Kazuistika č. 5**

Šesťdesiatštyriročný pacient s chronickou obštrukčnou chorobou pľúc navštevuje program pľúcnej rehabilitácie za účelom zlepšenia celkovej funkcie pľúc a tolerancie fyzickej záťaže. Počas poslednej návštevy je u pacienta vykonané aj spirometrické vyšetrenie, počas ktorého sú namerané rôzne objemy a kapacity pľúc. Počas vyšetrenia upriamuje lekár pozornosť študentov medicíny na objem vzduchu, ktorý pacient vdýchne a vydýchne pri pokojovom dýchaní. Objem vdýchnutého a vydýchnutého vzduchu počas jedného dychu za normálnych pokojových podmienok sa nazýva dychový objem. Aká je za fyziologických okolností veľkosť daného objemu pri pokojnom dýchaní u dospelého človeka?

- A. Veľkosť dychového objemu predstavuje u dospelého človeka približne 500 ml.
- B. Veľkosť dychového objemu predstavuje u dospelého človeka 1 000 – 2 000 ml.
- C. Veľkosť dychového objemu predstavuje u dospelého človeka približne 2 500 ml.
- D. Veľkosť dychového objemu predstavuje u dospelého človeka približne 1 000 ml.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****A. Veľkosť dychového objemu predstavuje u dospelého človeka približne 500 ml.**

Dychový objem predstavuje množstvo vzduchu, ktoré sa vymení v pľúcach pri pokojnom nádychu a výdychu. U dospelého človeka dosahuje pri pokojnom dýchaní hodnotu približne 500 ml (6-8 ml/kg telesnej hmotnosti).



**Obr. č. 62. Princíp snímania dychových objemov a kapacít pomocou spirometrie**

(upravené podľa <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zpd4wxs/revision/2>).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Veľkosť dychového objemu predstavuje u dospelého človeka 1 000 – 2 000 ml.**

Hodnota dychového objemu predstavuje u dospelého človeka pri pokojnom dýchaní hodnotu približne 500 ml. Hodnota približne 1 000 – 2 000 ml predstavuje reziduálny objem, t.j. množstvo vzduchu, ktoré zostáva v pľúcach po maximálnom výdychu.

**C. Veľkosť dychového objemu predstavuje u dospelého človeka približne 2 500 ml.**

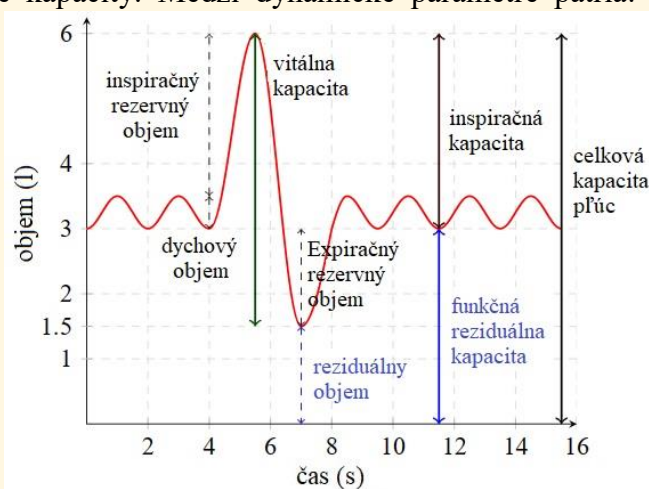
Hodnota dychového objemu predstavuje u dospelého človeka pri pokojnom dýchaní hodnotu približne 500 ml. Hodnota približne 2 500 ml predstavuje inspiračný rezervný objem, t.j. množstvo vzduchu, ktoré dokáže človek maximálnym úsilím vdýchnuť po pokojovom vdychu.

**D. Veľkosť dychového objemu predstavuje u dospelého človeka 1 000 ml.**

Hodnota dychového objemu predstavuje u dospelého človeka pri pokojnom dýchaní hodnotu približne 500 ml. Hodnota približne 1 000 ml predstavuje expiračný rezervný objem, t.j. množstvo vzduchu, ktoré dokáže človek maximálnym úsilím vydýchnuť po pokojovom výdychu.

### KLINICKÉ OKIENKO – SPIROMETRIA

Spirometria predstavuje neinvazívne funkčné vyšetrenie pľúc, pri ktorom sa merajú statické a dynamické ventilačné parametre. Medzi základné statické parametre patria: dychový objem, inspiračný rezervný objem, expiračný rezervný objem a reziduálny objem. Súčet niektorých pľúcnych objemov označujeme ako pľúcne kapacity. Medzi dynamické parametre patria: dychová frekvencia, minútová ventilácia, maximálna voluntárna ventilácia, dychová rezerva a pomer trvania inšpiria k trvaniu expíria. Pri súčasnom zaznamenávaní týchto parametrov hovoríme o spirografickom vyšetrení.



**Obr. č. 63. Krivka hodnotiaca pľúcne**

**objemy a kapacity v čase** (upravené podľa <https://partone.litfl.com/spirometry.html>).

Tab. č. 3. Statické a dynamické ventilačné parametre u dospelého človeka

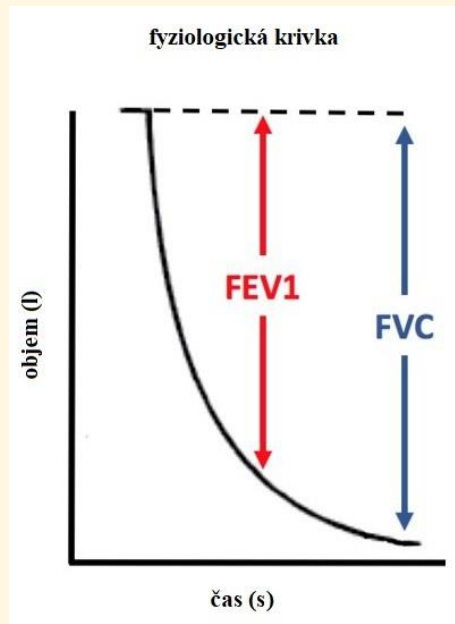
parameter	náležitá hodnota	definícia
<b>Pľúcne objemy</b>		
<b>Dychový objem (<math>V_T</math>, tidal volume)</b>	500 ml	Množstvo vdýchnutého, alebo vydýchnutého vzduchu na jeden dych
<b>Inspiračný rezervný objem (IRV)</b>	2500 ml	Množstvo vzduchu, ktoré dokáže človek maximálnym úsilím vdýchnuť po pokojovom vdychu
<b>Expiračný rezervný objem (ERV)</b>	1000 ml	Množstvo vzduchu, ktoré dokáže človek maximálnym úsilím vydýchnuť po pokojovom výdychu
<b>Reziduálny objem (RV, residual volume)</b>	1000-2000 ml	Množstvo vzduchu zostávajúce v pľúcach po maximálnom výdychu. Tvorí ho súčet kolapsového a tzv. minimálneho vzduchu.
<b>Pľúcne kapacity</b>		
<b>Vitálna kapacita (VC, vital capacity)</b>	4000 ml	Objem vzduchu, ktorý môže byť vdýchnutý s maximálnym úsilím pri maximálnom inspiriu ( $ERV+V_T+IRV$ ), parameter odráža silu torakálnych svalov a funkciu pľúc
<b>Inspiračná kapacita</b>	3000 ml	Maximálne množstvo vzduchu, ktoré môže byť vdýchnuté po normálnom výdychu ( $V_T+IRV$ )
<b>Funkčná reziduálna kapacita</b>	2500 ml	Množstvo vzduchu, ktoré ostáva v pľúcach po normálnom výdychu ( $RV+ERV$ )
<b>Celková kapacita pľúc v pokoji (TLC, total lung capacity)</b>	5500 ml	Maximálne množstvo vzduchu v pľúcach ( $RV+VC$ )
<b>Dynamické ventilačné parametre</b>		
<b>Dychová frekvencia (f)</b>	10 – 18 dychov/min	Počet dychov za jednu minútu počas pokojových podmienok
<b>Minútová ventilácia (V)</b>	5 -9 l/min	Množstvo vzduchu, ktoré sa preventiluje pľúcami za jednu minútu
<b>Maximálna voluntárna ventilácia (MVV)</b>	Muži: 80 – 160 l/min	Najväčšia možná ventilácia pľúc za časovú jednotku
	Ženy: 60 – 120 l/min	
<b>Dychová rezerva</b>	Pomer 1 : 10 alebo vyšší	Pomer medzi pokojovou a maximálnou voluntárnou ventiláciou
<b>Pomer trvania inspiria k trvaniu expiria (<math>t_I:t_E</math>)</b>	1 : 1,1 – 1 : 1,5	Počítame pri zmene rýchlosti posunu papiera počas pokojového dýchania

Ďalšie spirometrické parametre hodnotí **krivka rozpísaného úsilného výdychu vitálnej kapacity a krivka objem-prietok**.



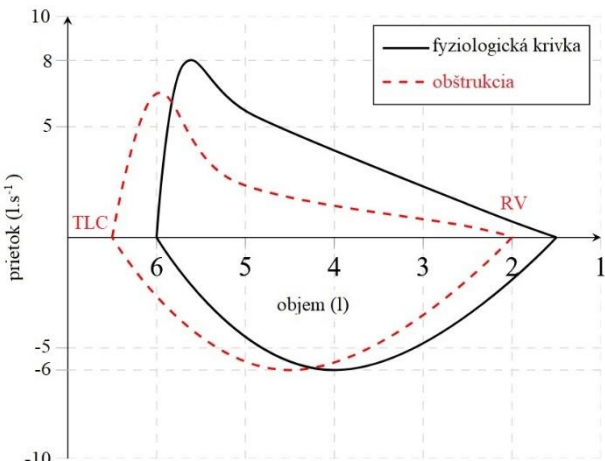
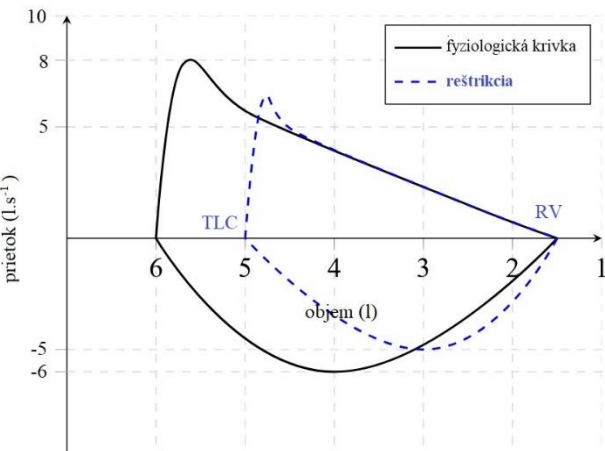
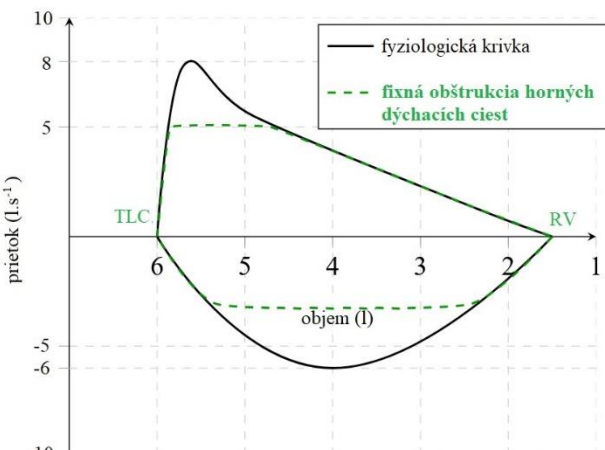
**Obr. č. 64. Krivka rozpísaného úsilného výdychu za fyziologických a patologických okolností**

(upravené podľa Grippi a kol. 2023). Pomocou krivky rozpísaného úsilného výdychu hodnotíme nasledovné parametre: **1. úsilná vitálna kapacita** (FVC, forced vital capacity) – množstvo vzduchu, ktoré vyšetrovaný čo najprudšie a najrýchlejšie vydýchne po maximálnom inspiriu; **2. Rozpísaný úsilný výdych vitálnej capacity za 1 sekundu** (FEV1, forced expiratory volume in 1 s) – objem vzduchu, ktorý vyšetrovaný čo najprudšie a najrýchlejšie vydýchne za prvú sekundu po maximálnom inspiriu; **3. Percento vitálnej capacity za 1 sekundu** (FEV%) – vypočítame ako  $(FEV1 / FVC) * 100\%$ . Zdraví ľudia majú hodnotu FEV% viac ako 70%.

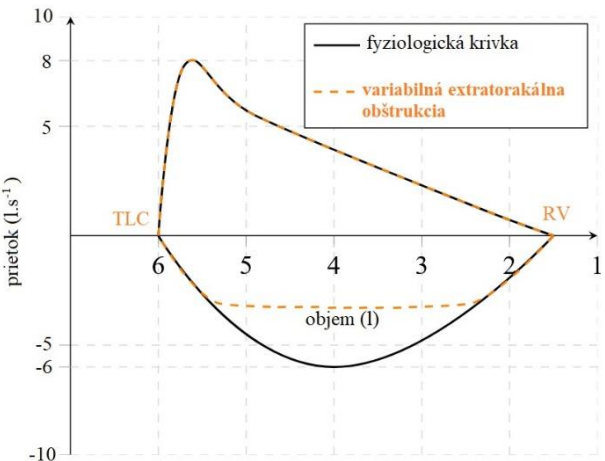
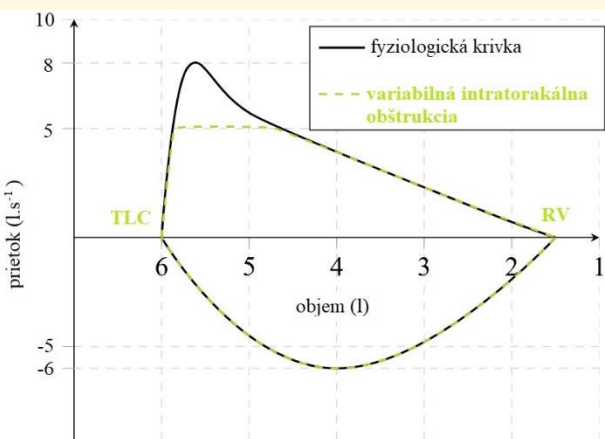


**Tab. č. 4. Fyziologický priebeh a vybrané patofyziologické priebehy krivky objem-prietok.**

Stav	Charakteristika
Fyziologické podmienky	<p>Maximálny výdychový prietok je približne 8 litrov za sekundu. Začiatkový prietok je najvyšší, pretože zvýšený objem pľúc zvyšuje priemer dýchacích ciest, čím sa znižuje ich odpor. Táto časť krivky zobrazuje závislosť od úsilia. Prietok vzduchu po expirácii ako aj priemer dýchacích ciest klesá.</p> <p>Akémkoľvek zvýšení výdychového tlaku úmerne zvýši odpor dýchacích ciest. Táto vlastnosť sa označuje ako dynamická kompresia dýchacích ciest a výsledkom je rovnomerný prietok, ktorý je nezávislý od expiračného úsilia.</p>

<b>Obštrukčná choroba pľúc</b>	Reziduálny objem a celková kapacita pľúc sú zvýšené v dôsledku zachytávania plynu. Maximálny prietok je obmedzený. Časť krivky nezávislá od expiračného úsilia sa stáva konkávnou.	
<b>Reštrikčné ochorenie pľúc</b>	Celková kapacita pľúc je znížená, ale reziduálny objem je nezmenený. Maximálny prietok môže byť znížený; toto zníženie je však úmerné zníženiu objemu, takže pomer úsilného výdychového objemu za 1 sekundu a úsilnej vitálnej kapacity je normálny. Ak sa zachová maximálny prietok, pomer úsilného výdychového objemu za 1 sekundu a úsilnej vitálnej kapacity sa zvýši. V krivke časť nezávislá od úsilia je lineárna.	
<b>Fixná obštrukcia horných dýchacích ciest</b>	Zúženie v horných dýchacích cestách so stálou geometriou, ktoré obmedzuje prúdenie vzduchu počas inšpiria aj počas expiria.	



<b>Variabilná extratorakálna obštrukcia</b>	Obštrukcia sa mení počas dychového cyklu, t.j. počas inšpiria je lézia (napr. vdýchnutie cudzieho telesa) vtiahnutá do priedušnice, čím sa znižuje inspiračný prietok, počas výdychu je lézia vytlačená z priedušnice.	
<b>Variabilná intratorakálna obštrukcia</b>	Opak extratorakálnej obštrukcie. Počas nádychu sa zväčšuje priemer dýchacích ciest a prietok v inšpiriu je neobmedzený. Počas výdychu klesá priemer dýchacích ciest a výdychový prietok sa znižuje.	

TLC – celková kapacita pľúc, RV – reziduálny objem, upravené podľa

<https://partone.litfl.com/spirometry.html>

**Kazuistika č. 6**

Päťdesiatšesťročná žena prichádza na funkčné vyšetrenie pľúc pre postupne sa zväčšujúcu dýchavičnosť počas námahy. Pacientka je obézna, lieči sa na hypotyreózu a hypertenziu. V osobnej anamnéze pacientka neudáva alergie ani žiadne nedávno prekonané respiračné infekcie. Pacientka meria 152,4 cm, váži 86,6 kg, BMI 40 kg/m<sup>2</sup>, teplota je 36,7 °C, krvný tlak je 130/70 mm Hg, pulz je 88/min, frekvencia dýchania je 20/min a saturácia krvi kyslíkom je 93 %. Laboratórne vyšetrenie vybraných parametrov: sodík – 138 mmol/l, draslík – 3,8 mmol/l, kreatinín – 82 µmol/l, bicarbonáty – 28 mmol/l, hormón stimulujúci štítnu žľazu – 2,4 mIU/l, glukóza – 5,3 mmol/l a hemoglobín 120 g/l. Auskultačné vyšetrenie srdca a pľúc je bez patologického nálezu. Ktoré z nasledujúcich tvrdení správne popisuje očakávaný výsledok funkčného vyšetrenia pľúc u tejto pacientky?

- A. FEV1 – v norme, FVC, ERV, RV, TLC - zvýšené
- B. RV – v norme, FEV1, FVC, ERV, TLC – znížené
- C. RV – v norme, FEV1, FVC, ERV, TLC – zvýšené
- D. FEV1 – v norme, FVC, ERV, RV, TLC - znížené

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. RV – v norme, FEV1, FVC, ERV, TLC – znížené.**

Dýchavičnosť tejto pacientky možno s najväčšou pravdepodobnosťou pripísať jej obezite. Tieto výsledky funkčného vyšetrenia (znížené FEV1, FVC, ERV, TLC, zatiaľ čo RV ostáva nezmenené) poukazujú na reštrikčný typ ochorenia respiračného systému, ktorý je pri obezite spôsobený poklesom elastických vlastností hrudníka, čím sa znižuje poddajnosť hrudného koša počas dýchania. Navyše mierne zvýšená hladina bikarbonátov môže poukazovať na možnú metabolickú kompenzáciu respiračnej acidózy spôsobenej hypoventiláciou súvisiacou s obezitou.

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:**

- A. FEV1 – v norme, FVC, ERV, RV, TLC – zvýšené**
- C. RV – v norme, FEV1, FVC, ERV, TLC – zvýšené**
- D. FEV1 – v norme, FVC, ERV, RV, TLC - znížené**

Tieto možnosti nie sú správne, pretože typický obraz funkčného vyšetrenia pľúc pri obezite je spojený so znížením FEV1, FVC, ERV, TLC a zachovaním RV.

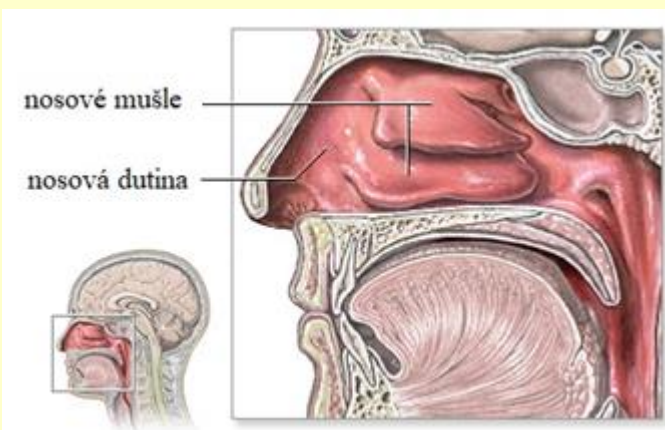
**Kazuistika č. 7**

Do otorinolaryngologickej (ORL) ambulancie prichádza päťdesiatročný pacient, ktorý sa sťažuje na chronicky upchatý nos a oslabený čuch. Aplikovanie voľno predajných nosových sprejov vedie len k prechodnej úľave. Počas vyšetrenia pomocou nosového zrkadla lekár pozoruje výrazné štruktúry na bočných stenách nosnej dutiny, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou ohrievania a zvlhčovania vdychovaného vzduchu, ako aj zachytávania cudzích častíc. Identifikujte o aké štruktúry ide.

- A. Choanae
- B. Nosová priehradka
- C. Nosové mandle
- D. Nosové mušle

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****D. Nosové mušle**

Výrazné štruktúry na bočných stenách nosovej dutiny, ktoré zväčšujú jej povrch, sa nazývajú nosové mušle. Zohrávajú kľúčovú úlohu pri filtrovaní, zvlhčovaní a ohrievaní vdychovaného vzduchu.



**Obr. č. 65. Nosové mušle v nosovej dutine**

(upravené podľa <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/9657.htm>).

**NESPRÁVNE ODPOVEDE:****A. Choanae**

Choanae sú zadné nosové otvory, ktoré vedú z nosovej dutiny do nosohltanu.

**B. Nosová priehradka**

Nosová priehradka predstavuje štruktúru, ktorá rozdeľuje nosovú dutinu na jej dve polovice.

### **C. Nosové mandle**

Nosové mandle slúžia ako prvá bariéra pri styku s vírusmi a baktériami. Ako súčasť imunitného systému majú za úlohu chrániť organizmus pred infekciami.

**Kazuistika č. 8**

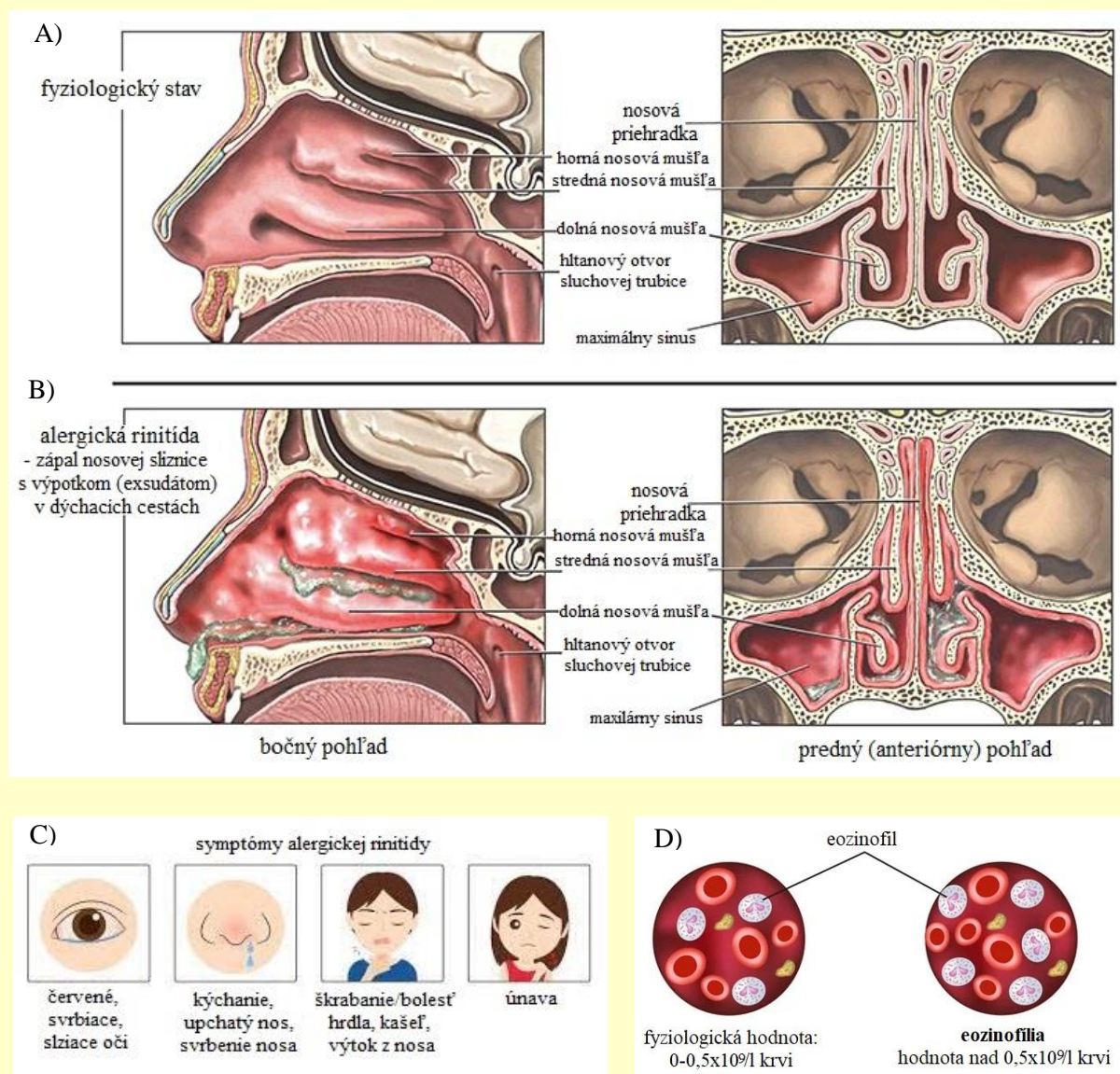
Osemnásťročný chlapec navštevuje svoju všeobecnú lekárku pre pretrvávajúci vodnatý výtok z nosa a občasné svrbenie očí, ktoré začínajú začiatkom marca a trvajú približne dva týždne. V rodinnej anamnéze chlapec udáva výskyt alergickej nádchy (rinitídy) a astmy. Chlapcovi je odobratá krv na vyšetrenie kompletného krvného obrazu. Pri kontrolovaní výsledkov sa lekárka zameriava na kontrolu bielych krviniek a diferenciálu. Následne posieľa chlapca na vyšetrenie do alergologickej ambulancie. Z akého dôvodu zaujímalo lekárku práve vyšetrenie diferenciálneho rozpočtu bielych krviniek?

- A. Pretože lekárka má podozrenie na alergické ochorenie, ktoré je spojené so zvýšeným počtom eozinofilov v krvi.
- B. Pretože lekárka má podozrenie na alergické ochorenie, ktoré je spojené so zníženým počtom eozinofilov v krvi.
- C. Pretože lekárka má podozrenie na alergické ochorenie, ktoré je spojené so zníženým počtom lymfocytov v krvi.
- D. Pretože lekárka má podozrenie na alergické ochorenie, ktoré je spojené so zníženým počtom monocytov v krvi.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**A. Pretože lekárka má podozrenie na alergické ochorenie, ktoré je spojené so zvýšeným počtom eozinofilov v krvi.**

Rinitída (nádcha) sa všeobecne definuje ako zápal nosovej sliznice, ktorý sa prejavuje výtokom z nosa (rinorea), kýchaním, svrbením v nose a upchávaním nosa spôsobeným opuchom (kongesciou) nosovej sliznice. U väčšiny pacientov sa navyše môžu vyskytovať pridružené prejavy ako napr. svrbenie, slzenie očí, svrbenie uší, únava, a i. Alergická rinitída označuje viac-menej každú chronickú nádchu neinfekčného pôvodu, ktorá sa prejavuje spomínanými príznakmi. Alergický zápal sa typicky vyznačuje aktivovanými eozinofilmi a T-lymfocytmi. Je dôležité poznamenať, že eozinofilný zápal nie je u rinitika obmedzený len na horné dýchacie cesty, ale môže postihovať aj sliznicu priedušiek. Alergická rinitída tak predstavuje rizikový faktor rozvoja astmy a je potrebné ju adekvátne liečiť.



**Obr. č. 66. Alergická rinitída** A) Fyziologický stav nosovej sliznice, B) Zapálená nosová sliznica s výpotkom počas alergickej rinitídy, C) Typické symptómy pri alergickej rinitíde a D) Fyziologická hodnota eozinofilov v krvi a eozinofiliu, t.j. stav kedy je zvýšený počet eozinofilov v krvi nad  $0,5 \times 10^9/l$  krvi (upravené podľa <https://www.childrens.com/specialties-services/conditions/allergic-rhinitis>).

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**B. Pretože lekárka má podozrenie na alergické ochorenie, ktoré je spojené so zníženým počtom eozinofilov v krvi.**

Alergický zápal je spojený s eozinofiliou (zvýšením počtu eozinofilov), nie znížením.

**C. Pretože lekárka má podozrenie na alergické ochorenie, ktoré je spojené so zníženým počtom lymfocytov v krvi.**

Bežné laboratórne vyšetrenie diferenciálneho rozpočtu leukocytov pri alergickom zápale typicky vykazuje eozinofiliu. Je dôležité poznamenať, že okrem aktivácie eozinofilov je typickou črtou alergického zápalu aj aktivácia T-lymfocytov, predovšetkým helperových lymfocytov (Th2) s následným uvoľňovaním cytokínov (napr. interleukín 4 a 5).

**D. Pretože lekárka má podozrenie na alergické ochorenie, ktoré je spojené so zníženým počtom monocytov v krvi.**

Bežné laboratórne vyšetrenie diferenciálneho rozpočtu leukocytov pri alergickom zápale typicky vykazuje eozinofiliu. Znížený počet monocytov v krvi nie je prejavom alergického ochorenia. Znížený počet monocytov (monocytopenia) sa napr. často vyskytuje u pacientov po chemoterapii.



**Kazuistika č. 9**

Tridsaťštyriročný pacient s anamnézou bronchiálnej astmy prichádza na oddelenie urgentného príjmu s tupou bolesťou kĺbov a začervenaním a svrbením kože. V rámci zberu anamnestických údajov lekár zisťuje, že pacient sa bol rekreačne potápať. Lekár ďalej zisťuje, že pacient nie úplne rešpektoval zásady správneho potápania a preto má podozrenie na kesónovú chorobu. Následne sa lekár obracia na praxujúceho študenta medicíny s otázkou, čo je príčinou vzniku kesónovej choroby?

- A. Účinok náhleho uvoľnenia zvýšeného množstva plynov predovšetkým kyslíka vo forme bublín na orgánové systémy.
- B. Účinok náhleho uvoľnenia zvýšeného množstva plynov predovšetkým dusíka vo forme bublín na orgánové systémy.
- C. Účinok náhleho uvoľnenia zvýšeného množstva plynov predovšetkým oxidu uhličitého vo forme bublín na orgánové systémy.
- D. Ani jeden z uvedených mechanizmov.

**SPRÁVNA ODPOVEĎ:****B. Účinok náhleho uvoľnenia zvýšeného množstva plynov predovšetkým dusíka vo forme bublín na orgánové systémy.**

Väčší tlak spôsobuje, že niektoré plyny v krvi sú viac rozpustné, preto ak dôjde k náhlemu poklesu tlaku v našom okolí (napr. rýchle vynorenie sa z väčšej hĺbky) dochádza k zmene ich rozpustnosti (predovšetkým dusíka), a vytvoria bublinky. Inými slovami, pri rýchlom poklese okolitého tlaku je v tkanivách náhle veľké množstvo prebytočného plynu, ktorý nie je možné dostatočne rýchlo transportovať krvou do pľúc. Prebytočný kyslík je tkanivami ihneď resorbovaný, avšak dusík tkanivá nedokážu resorbovať. Najbežnejším miestom vzniku takýchto bublín sú veľké kĺby a preto je jedným z prvých príznakov kesónovej choroby tupá bolesť kĺbov. Následne sa môže objaviť svrbenie kože a kožný výsev. Oveľa závažnejšie príznaky zahŕňujú neurologické a respiračné ťažkosti (napr. zmätenosť, bolesť hlavy, nauzea, vracanie, poruchy zraku, tinnitus (hučanie/pískanie v ušiach), dýchavičnosť, bolesť za hrudnou kosťou, a iné). Je tiež dôležité poznamenať, že pri potápačských „nehodách“ predstavuje prítomnosť bronchiálnej astmy predisponujúci faktor.

NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Účinok náhleho uvoľnenia zvýšeného množstva plynov predovšetkým kyslíka vo forme bublín na orgánové systémy.**

Kesónová choroba vzniká účinkom bublín dusíka (nie kyslíka) na orgánové systémy.

**C. Účinok náhleho uvoľnenia zvýšeného množstva plynov predovšetkým oxidu uhličitého vo forme bublín na orgánové systémy.**

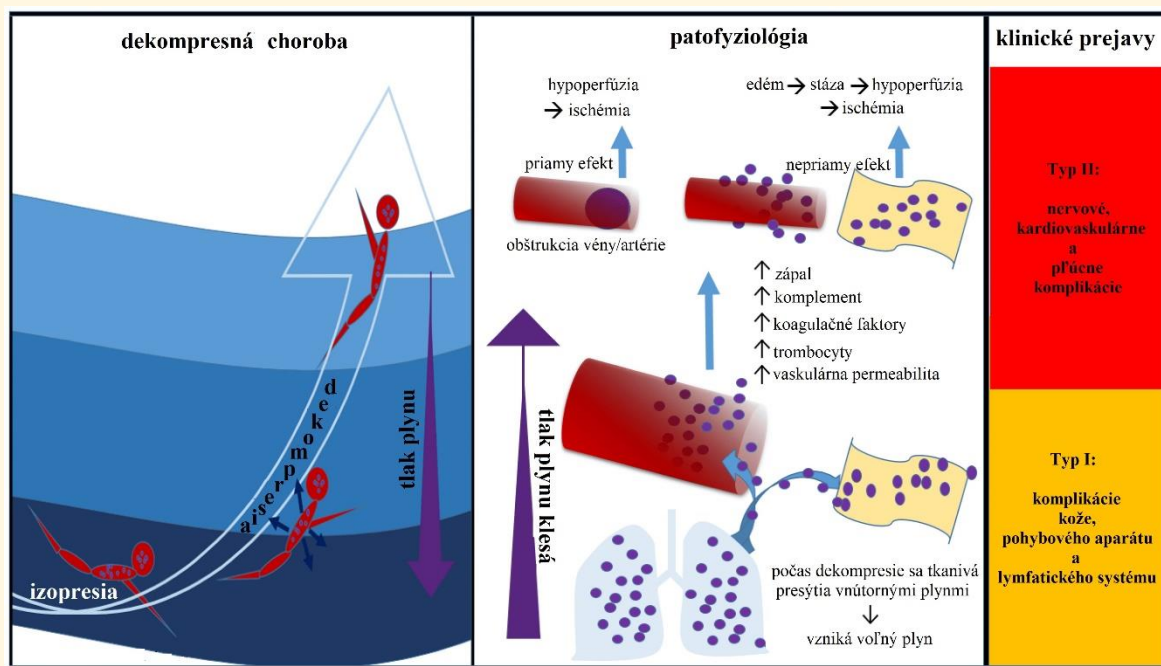
Kesónová choroba vzniká účinkom bublín dusíka (nie oxidu uhličitého) na orgánové systémy.

**D. Ani jeden z uvedených mechanizmov.**

Správny mechanizmus vzniku kesónovej choroby popisuje možnosť B - Účinok náhleho uvoľnenia zvýšeného množstva plynov predovšetkým dusíka vo forme bublín na orgánové systémy.

### KLINICKÉ OKIENKO – DEKOMPRESNÁ CHOROBA

Dekompresná choroba má akútne nástup. Čas nástupu je však individuálny. Príznaky a symptómy sa vo väčšine prípadov dekompresnej choroby vyskytujú krátko po aktivite vykonávanej v prostredí s vyšším tlakom ako je atmosférický (hyperbarický) tlak (napr. po vyplávaní na povrch). Okolo 98 % prípadov sa vyskytne do 24 hodín; v niektorých zriedkavých prípadoch sa však klinický obraz môže objaviť až po 48 hodinách. Táto situácia je typická pre potápanie s autonómnym dýchacím prístrojom. Dekompresná choroba sa môže vyskytnúť aj po vystavení vysokým tlakom alebo dokonca po rýchlej strate tlaku v kabíne lietadla. Kesónovu chorobu zapríčiňuje voľný plyn v krvi a tkanivách. Podľa klinických príznakov a závažnosti prejavov ochorenia delíme dekompresnú chorobu na dva základné typy: dekompresná choroba **I. typu** (ľahšie klinické formy ochorenia) a dekompresná choroba **II. typu** (ťažšie klinické formy ochorenia).



Obr. č. 67. Patofyziológia dekompresnej choroby (upravené podľa Savioli a kol., 2022).

## DEKOMPRESNÁ CHOROBA I. TYPU: POSTIHNUTIE KOŽE, MUSKULOSKELETÁLNEHO SYSTÉMU A LYMFATICKÉHO SYSTÉMU

Je to najbežnejší typ dekompresnej choroby a spôsobuje **bolest' kĺbov**, ktorá sa často zamieňa s bolesťou pri poraneniach. Ide o **najmenej závažnú formu** dekompresnej choroby, pri ktorej sa neobjavujú žiadne závažné neurologické, kardiovaskulárne alebo respiračné symptómy. Prípadné ľahšie klinické príznaky môžu spontánne ustúpiť v priebehu niekoľkých hodín bez špecializovanej rekompresnej liečby. Potápači trpiaci dekomresnou chorobou typu I. nie sú bezprostredne ohrození na živote, avšak niektoré formy ochorenia môžu byť veľmi bolestivé a vyžadujú rekompresnú terapeutickú intervenciu. Pacient sa môže sťažovať na **celkovú nevoľnosť**, **asténiu** (nedostatok energie), **únavu** a **bolest' hlavy**. Najčastejším prejavom zostáva bolesť kĺbov, ktorá vyplýva zo skutočnosti, že pohyby kĺbov môžu spôsobiť podtlak, čo priťahuje bublinky plynu. Ramená a lakty sú vo všeobecnosti najčastejšie postihnuté kĺby. Častá je aj **myalgia** (bolesť svalov) s variabilnou lokalizáciou, ktorá je prejavom aktivácie kaskády zápalu, sprostredkovanej bublinkami dusíka. Predchádzajúca muskuloskeletálna dekompresná choroba v anamnéze zvyšuje riziko osteonekrózy. **Osteonekróza** sa môže vyskytnúť u potápačov, ktorí boli dlhodobo exponovaní práci v kesóne (t.j. dutý kváder bez dna, ktorý sa používa na vykonávanie prác na dne rieky, jazera alebo mora). Ďalšie a zriedkavejšie prejavy sa prejavujú v **kožnom, lymfatickom a kardiálnom systéme**. Medzi

príznaky v kožnom systéme patrí **svrbenie**, **mramorovanie** a **kožný edém** s pomarančovou kôrou, prípadne **kožné škvrny** dobre ohraničené od okolia, ako aj väčšie splývajúce plochy ružovo-červenej až červeno-fialovej farby prerušované oblasťami fyziologickej kože nazývané aj **kožné mramorovanie** (*cutis marmorata*). Tieto kožné škvrny tzv. morfy, pripomínajúce exatémy, spontánne vymiznú v priebehu 2-3 dní. Farebnú sýtosť škvŕn možno zvýrazniť vyvolaním Valsavovho manévra (tvz. Mellinghoffov príznak). Postihnutý s kožným mramorovaním má zriedkavo aj iné príznaky dekompresnej choroby. Tieto príznaky majú zvyčajne formu **rozmazaného videnia a závratov**, ako aj **miernej nejasnej** alebo **systémovej mozgovej dysfunkcie** (malátnosť, nemotornosť, slabá koncentrácia, atď.). Etiológia týchto ďalších symptómov je jednoznačne embolická a kožné morfy môžu byť tiež príznakom plynových vezikúl, ktoré embolizujú mozgový kmeň. Medzi príznaky lymfatickej formy dekompresnej choroby radíme ohraničený, nebolestivý edém podkožia mäkkých tkanív, najčastejšie na krku, nález pripomína parotídu prípadne iný zápal slinných žliaz. Medzi ťažšie formy príznakov patrí masívny symetrický edém nad kľúčnymi kosťami, ktorý môže zostupovať na zadnú stranu chrbta. Stav sa spontánne upraví po niekoľkých dňoch a nevyžaduje rekomprenú terapiu. Kardiálna forma dekompresnej choroby I. typu môže nastať narušením funkcie prevodového systému srdca, čo je spojené s výskytom prevodových porúch (arytmie, alebo átrioventrikulárne blokády). Postihnutý môže pociťovať príznaky akútneho infarktu myokardu, nepravidelnú frekvenciu srdca, sťažené dýchanie, až kolaps. Stav spontánne ustupuje, v ťažkých formách ťažkosti ustúpia po cielene zvolenej farmakoterapii (antiarytmiká).

## DEKOMPRESNÁ CHOROBA II. TYPU: POSTIHNUTIE NERVOVÉHO, KARDIOVASKULÁRNEHO A PĽÚCNEHO SYSTÉMU

Je to **najťažšia, i keď menej častá forma** dekompresnej choroby. Môže spôsobiť trvalé poškodenie a v ojedinelých prípadoch aj smrť. Pri dekompresnej chorobe II. typu ide najčastejšie o **neurologickú formu** ochorenia vyvolanú hypoxiou mozgového tkaniva alebo miechy. Z tohto hľadiska ju delíme na **cerebrálnu** (mozgovú) a **spinálnu** (miechovú) dekompresnú chorobu II. typu. Pri **cerebrálnej forme** ide o priame následky oklúzie cerebrálneho vaskulárneho riečiska bublinami inertného plynu, kde dochádza k vzniku rôzne veľkých zón ischemie s následnou tkanivovou hypoxiou. Klinický prejav cerebrálnej formy dekompresnej choroby nastáva pomerne rýchlo po vynorení, pri rozsiahlejšej hypoxii môže nastať hneď bezvedomie, čo pri spinálnej forme je zriedkavé. Medzi typické prejavy radíme

hemiplégiu (paralýza alebo svalová slabosť prejavujúca sa na jednej strane tela, t.j. ochrnutie ruky a nohy na rovnakej strane tela; spôsobená poškodením motorických nervových dráh na opačnej strane mozgu), monoplégiu (úplná strata hybnosti jednej končatiny, alebo jednej skupiny svalov), agnóziu (strata schopnosti rozpoznávať predmety, porucha chápania), poruchy zrakových funkcií, niekedy až zmätenosť. Pri postihnutí mozočka môže v klinickom obraze dominovať svalová hypotónia, dysmetria (neschopnosť trafiť cieľ v priestore), tremor končatín, afázia (porucha reči) a záchvatový nystagmus (mimovoľné, rýchle a trhavé pohyby očí).

**Spinálna forma** dekompresnej choroby II. typu principiálne nevzniká ako dôsledok ischémie podmienený obmedzením prítoku krvi, pretože mikrobubliny inertného plynu preniknuté do artériovej krvi, na rozdiel od mozgu, majú anatomicky ťažší prístup do artériového krvného riečiska miechy. Bubliny plynu sa môžu generovať priamo v bielej hmote miechy (v myelínových pošvách axónov), alebo v epidurálnych venózných plexoch miechy. Následne tieto plynové bubliny bránia odtoku krvi z príslušného miechového segmentu, čím dochádza k stagnácii krvi spojenej s hypoxickým poškodením prevažne bielej hmoty miechy. Tento stav označujeme ako kongestívna hypoxická infarzácia miechy. Často sú pozorované aj ložiská drobných hemorágií v okolí ischémie poškodených zón bielej hmoty. Spinálna forma sa u postihnutého prejaví v priebehu niekoľkých minút, zriedkavo hodín po vynorení, typickou slabosťou končatín (postihnutý neudrží vzpriamený postoj), paraparézou (čiastočné ochrnutie dolných končatín), alebo zníženou až nulovou kožnou citlivosťou. Vzhľadom na poškodenie miechových segmentov môže dochádzať ku paraplégiám (t.j. výraznú obojstrannú slabosť oboch dolných končatín, prejavujúcu sa ich úplným ochrnutím), dysfunkciou močového mechúra (anúria), alebo čriev a paralýze respiračného svalstva. Ďalšiu formu dekompresnej choroby II. typu predstavuje **kardiopulmonárna** hodnotiacia srdcové alebo respiračné symptómy vyskytujúce sa bezprostredne po vynorení (cca do 1-3 min) ako silná neutíchajúca bolesť na prednej strane hrudníka (za hrudnou kosťou), ktorá sa stupňuje v inspiriu. V ťažších formách môžu byť zmeny zaznamenané aj auskultačne ako praskavý zvuk počas kontrakcie srdcových komôr (tzv. Hammanov príznak). Pacient je bledý, šokovaný, plytko dýcha, dráždivo a dusivo kašle (niekedy aj krvavú penu), v ťažkých formách môže upadnúť do bezvedomia. Bez okamžitej terapie nastáva pravostranná cirkulačná insuficiencia a masívny pľúcny edém následkom čoho nastáva smrť. Príčinou srdcovo-pulmonárnych symptómov dekompresnej choroby II. typu je masívna disperzná mikroembolizácia pľúcneho kapilárneho riečiska.

**Kazuistika č. 10**

Po pôrode dochádza u novorodenca narodeného v tridsiatompiatom týždni (hranične nezrelý novorodenec) k dýchacím ťažkostiam v zmysle namáhavého, zrýchleného (tachypnoe) a úsilného dýchania so zapájaním pomocných dýchacích svalov. Ide o tzv. syndróm respiračnej tiesne novorodencov. Jeho podkladom je funkčná nezrelosť pľúc, kedy pľúca netvoria dostatočné množstvo špeciálnej látky – surfaktantu. Akú základnú funkciu plní pľúcny surfaktant v organizme?

- A. Pľúcny surfaktant zvyšuje povrchové napätie pľúc.
- B. Pľúcny surfaktant znižuje poddajnosť pľúc.
- C. Pľúcny surfaktant znižuje povrchové napätie pľúc.
- D. Pľúcny surfaktant prispieva ku kolapsu pľúcnych alveol na konci expíria (výdychu).

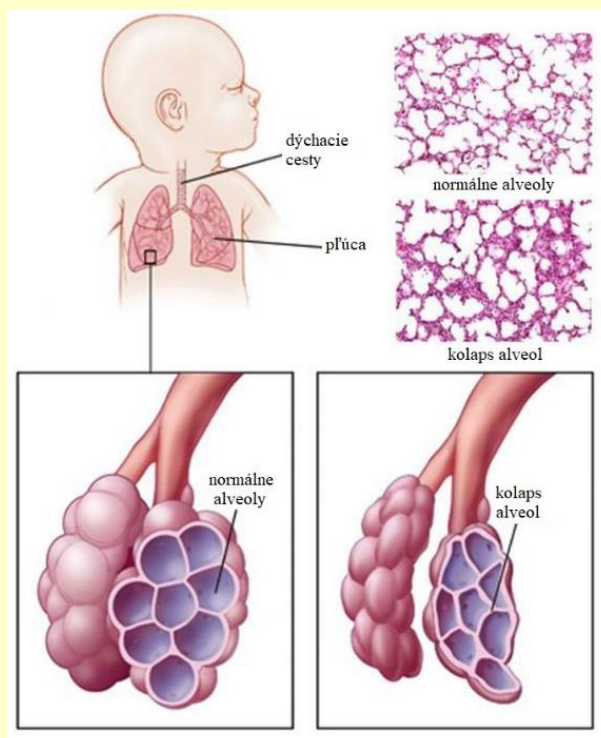
**SPRÁVNA ODPOVEĎ:**

**C. Pľúcny surfaktant znižuje povrchové napätie pľúc.**

Surfaktant je povrchovo aktívna látka vo vnútri pľúcnych alveol, ktorú tvoria pneumocyty typu II. Surfaktant je zložený z 80 % fosfolipidov, 8 % neutrálnych lipidov a okolo 10 % proteínov). Surfaktant prostredníctvom znižovania povrchového napätia zabráňuje kolapsu pľúc na konci expíria. Znižovanie povrchového napätia prispieva zároveň k zvyšovaniu poddajnosti pľúc a následne znižovaniu dychovej práce. Surfaktant sa začína tvoriť až od druhej polovice tehotenstva, približne od 24. až 28. týždňa a jeho dostatočné množstvo sa v pľúcach nachádza až okolo termínu pôrodu. U predčasne narodených detí má nedostatok surfaktantu za následok zvýšenie povrchového napätia pľúc, čo vedie ku sťaženému dýchaniu.

**Obr. č. 68. Fyziologicky rozvinuté a kolabované alveoly u novorodenca** (upravené podľa

<https://nursesrevisionuganda.com/respiratory-distress-syndrome/>).



NESPRÁVNE ODPOVEDE:

**A. Pľúcny surfaktant zvyšuje povrchové napätie pľúc.**

Základnou funkciou surfaktantu je znižovanie (nie zvyšovanie) povrchového napätia pľúc. K zvyšovaniu povrchového napätia pľúc preto dochádza pri jeho nedostatku.

**B. Pľúcny surfaktant znižuje poddajnosť pľúc.**

Pľúcny surfaktant prostredníctvom znižovania povrchového napätia pľúc prispieva k zvýšenej (nie zníženej) pľúcnej poddajnosti. Práve pri jeho nedostatku (napr. pri syndróme respiračnej tiesne novorodencov) dochádza prostredníctvom zvyšovania povrchového napätia pľúc k zníženej pľúcnej poddajnosti.

**D. Pľúcny surfaktant prispieva ku kolapsu pľúcnych alveol na konci expíria (výdychu).**

Surfaktant bráni kolapsu pľúcnych alveol na konci expíria.



## LITERATÚRA

- Admassu, Habtamu, Mohammed Abdalbasit A Gasmalla, Ruijin Yang, and Wei Zhao. 2018. "Bioactive Peptides Derived from Seaweed Protein and Their Health Benefits: Antihypertensive, Antioxidant, and Antidiabetic Properties." *Journal of food science* 83(1): 6–16.
- Altabakhi IW, Liang JW. Gerstmann Syndrome [Internet]. StatPearls. StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Jul 2]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25259646>.
- Andalib, Sasan a kol., 2023. "Vagus Nerve Stimulation in Ischemic Stroke." *Current neurology and neuroscience reports* 23(12): 947–62.
- de Araujo, Eduardo Medeiros a kol., 2020. "The 'Streamline Phenomenon' of the Portal Vein Flow and Its Influence on Liver Involvement by Gastrointestinal Diseases: Current Concepts and Imaging-Based Review." *Abdominal radiology (New York)* 45(2): 403–15.
- Aslam, S, Ghafoor, S. 2022. "Insulin-like Growth Factor-I Signaling Plays a Pivotal Role in the Development of Oral Premalignant Lesions in Patients with Diabetes Mellitus." 38(3): 129–33.
- Badireddy, Madhu, and Krishna M Baradhi. 2024. "Chronic Anemia." In *Treasure Island (FL)*.
- Blahút 2017. Akčný potenciál. EKG & Arytmológia. TECHmED. Dostupné na <https://www.techmed.sk/akcny-potencial/>.
- Blahút Peter. Hyperkaliémia. EKG & Arytmológia. TECHmED 2017 dostupné online na <https://www.techmed.sk/hypokaliemia/>.
- Blahút Peter. Hypokaliémia. EKG & Arytmológia. TECHmED 2017 dostupné online na <https://www.techmed.sk/hyperkaliemia/>.
- Blahút Peter. NSTEMI infarkt a Nestabilná angina pectoris. EKG & Arytmológia. TECHmED 2017 dostupné online na <https://www.techmed.sk/nstemi-infarkt-myokardu-a-instabilna-angina-pectoris/>.
- Blahút Peter. STEMI infarkt. EKG & Arytmológia. TECHmED 2017 dostupné online na <https://www.techmed.sk/infarkt-myokardu-stemi/>.
- Blusková Zuzana, Čierna Iveta, Székyová Dagmar. Celiakia – štandardný diagnostický a liečebný postup. *Pediatrica pre prax* 2022; 23(2): 78-81.
- Brower, Roy G a kol., 2000. "Ventilation with Lower Tidal Volumes as Compared with Traditional Tidal Volumes for Acute Lung Injury and the Acute Respiratory Distress Syndrome." *The New England journal of medicine* 342(18): 1301–8.
- Brower a kol., 2004. "Higher versus Lower Positive End-Expiratory Pressures in Patients with the Acute Respiratory Distress Syndrome." *The New England journal of medicine* 351(4): 327–36.
- Cross, ME, Plunkett, EVE. 2014. "The Frank–Starling Relationship." In *Physics, Pharmacology and Physiology for Anaesthetists: Key Concepts for the FRCA*, Cambridge: Cambridge University Press, 260–61.
- Čalkovská, A a kol. 2023. *Fyziológia Človeka pre nelekárske študijné programy*. 3. prepracované vydanie. Martin: Osveta, 224 s. ISBN 978-80-8063-520-6.



- Čalkovská, A a kol. 2020. *Návody k Praktickým Cvičeniam z Fyziológie*. Bratislava: vydavateľstvo UK, 153 s. ISBN 978-80-223-4983-3.
- Čalkovská, A a kol. 2013. *Plúcny surfaktant z laboratória k pacientovi*. Martin: Osveta, 1. vyd. 222 s. ISBN 978-80-8063-401-8.
- Čalkovský, V, Hajtman, A. 2015. *Vybrané kapitoly z otorinolaryngológie*. Martin: JLF UK, 2015. Dostupné na internete: <http://portal.jfmed.uniba.sk/clanky.php?aid=297>.
- Chambers, D, Huang, C, Matthews, G. 2015. *Basic Physiology for Anaesthetists*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cheng, Ken. 2023. "From Representations to Servomechanisms to Oscillators: My Journey in the Study of Cognition." *Animal Cognition* 26(1): 73–85. <https://doi.org/10.1007/s10071-022-01677-7>.
- Cimsit, Maide, Savas Ilgezdi, Cagatay Cimsit, and Gunalp Uzun. 2007. "Dysbaric Osteonecrosis in Experienced Dive Masters and Instructors." *Aviation, space, and environmental medicine* 78(12): 1150–54.
- Danihel Ľudovít. Akútna apendicitída. In: *Náhle brušné príhody – vysokoškolské učebné texty* 2020.
- DeSaix, P, Betts, G.J., Johnson, E., Johnson, J.E., Oksana, K., Kruse, D.H., Poe, B., Wise, J.A., Young, K.A. 2013. *Anatomy & Physiology (OpenStax)*. <https://assets.openstax.org/oscms-prodcms/media/documents/AnatomyandPhysiology-OP.pdf>.
- Fuchs, Hans a kol., 2017. "Permissive Hypercapnia for Severe Acute Respiratory Distress Syndrome in Immunocompromised Children: A Single Center Experience." *PloS one* 12(6): e0179974.
- Gempp, Emmanuel, Jean-Eric Blatteau, Olivier Simon, and Eric Stephant. 2009. "Musculoskeletal Decompression Sickness and Risk of Dysbaric Osteonecrosis in Recreational Divers." *Diving and hyperbaric medicine* 39(4): 200–204.
- Gempp, Emmanuel, and Pierre Louge. 2013. "Inner Ear Decompression Sickness in Scuba Divers: A Review of 115 Cases." *European archives of oto-rhino-laryngology: official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery* 270(6): 1831–37.
- Germonpre, Peter, Costantino Balestra, Georges Obeid, and Dirk Caers. 2015. "Cutis Marmorata Skin Decompression Sickness Is a Manifestation of Brainstem Bubble Embolization, Not of Local Skin Bubbles." *Medical hypotheses* 85(6): 863–69.
- Girardis, Massimo a kol., 2016. "Effect of Conservative vs Conventional Oxygen Therapy on Mortality Among Patients in an Intensive Care Unit: The Oxygen-ICU Randomized Clinical Trial." *JAMA* 316(15): 1583–89.
- Goncalves, FM, Kliment, J. 2020. *Hornáková urológia pre praktických lekárov*, 3. vydanie. Bratislava: Herba, 352 s. ISBN: 9788082290014.
- Guaraldi, P., Calandra-Buonaura, G. 2023. "Orthostatic Hypotension." In *Autonomic Disorders in Clinical Practice*, Cham: Springer.
- Hadanny, Amir a kol., 2015. "Delayed Recompression for Decompression Sickness:

- Retrospective Analysis.” PloS one 10(4): e0124919.
- Hall, EJ. 2015. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 13th ed. London: W B Saunders.
- Hampton, J. 2013. EKG stručně, jasně, přehledně. Preklad 7. vydania. Grada, 192 s. ISBN 978-8024742465
- Hanaček, J a kol. 2014. Patologická fyziológia: vybrané kapitoly. Elektronická učebnica pre študentov všeobecného lekárstva s kazuistikami. Dostupné na internete: <http://portal.jfmed.uniba.sk/clanky.php?aid=2>.
- Hawes, Jodi, and E Wayne Massey. 2008. “Neurologic Injuries from Scuba Diving.” Neurologic clinics 26(1): 297–308; xii.
- Hennedige, Tiffany a kol., 2012. “MRI in Spinal Cord Decompression Sickness.” Journal of medical imaging and radiation oncology 56(3): 282–88.
- Hickey, Sean M, Abdulghani Sankari, and Al O Giwa. 2024. “Mechanical Ventilation.” In Treasure Island (FL).
- Hulin, I. 2019. Patofyziológia. Bratislava: ProLitera, 2019. 744 s. ISBN 978-80-89668-05-2.
- Javorka, K a kol. 2008. Variabilita frekvencie srdca. Mechanizmy, hodnotenie, klinické využitie. Martin: Osveta, 204 s. ISBN 978-80-8063-269-4.
- Javorka, K a kol. 2021. Lekárska fyziológia: 1. a 2. diel. 5. prepracované a doplnené vydanie. Martin: Osveta, 791 s. ISBN 978-80-8063-496-4.
- Javorka, K a kol. 1996. Klinická fyziológia pre pediatriu. Martin: Osveta, 487 s. ISBN 978-80-8063-401-8.
- Kafková Adriana. Anémie – diagnostika a liečba. Via Practica 2005, 2(3): 141–144.
- Kalantzios, Vasileios N. 2010. “Images in Clinical Medicine. Cutis Marmorata in Decompression Sickness.” The New England journal of medicine 362(23): e67.
- Klingler, Werner, and Frank Lehmann-Horn. 2015. “Chapter 45 - Malignant Hyperthermia: An Inherited Disorder of Muscle Calcium Metabolism.” In Neuromuscular Disorders of Infancy, Childhood, and Adolescence (Second Edition), eds. Basil T Darras, H Royden Jones, Monique M Ryan, and Darryl C De Vivo. San Diego: Academic Press, 913–21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124170445000457>.
- Kováľová, E, Slezák, R. 2022. Orálne sliznice. Prešov: Akcent Print, 144 s. ISBN 9788081980480
- Kužela Ladislav, Oltman Martin. Gastroezofágová refluxová choroba. Via pract. 2008, 5(10): 410-412.
- Mader T, Liu Z, Lanner JT. 2020. "Calcium channels linked to altered cellular function and disease." Current Opinion in Physiology 17:124–37. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2020.07.010>.
- Malone, James J, Andrew T Hulton, and Don P M MacLaren. 2021. “Exogenous Carbohydrate and Regulation of Muscle Carbohydrate Utilisation during Exercise.” European Journal of Applied Physiology 121(5): 1255–69. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04609-4>.
- McCallum, R I, and D N Walder. 1966. “Bone Lesions in Compressed Air Workers, with

- Special Reference to Men Who Worked on the Clyde Tunnels 1958 to 1963. Report of Decompression Sickness Panel Medical Research Council.” *The Journal of bone and joint surgery*. British volume 48(2): 207–35.
- Michael A. Grippi, Danielle E. Antin-Ozerkis, Charles S. Dela Cruz, Robert M. Kotloff, Camille Nelson Kotton, Allan I. Pack 2023. *Fishman’s Pulmonary Diseases and Disorders*, 6e, vydavateľ: McGraw-Hill Education / Medical, ISBN: 9781260473988.
- Modell, Michael M. 2014. “Cutis Marmorata Marbling in an Individual with Decompression Illness Following Repetitive SCUBA Diving.” *BMJ case reports* 2014.
- Mosier, Jarrod M a kol., 2015. “Ventilator Strategies and Rescue Therapies for Management of Acute Respiratory Failure in the Emergency Department.” *Annals of emergency medicine* 66(5): 529–41. Mousavi, Seyedeh Somayyeh, Matthew A Reyna, Gari D Clifford, and Reza Sameni. 2024. “A Survey on Blood Pressure Measurement Technologies: Addressing Potential Sources of Bias.” *Sensors* 24(6). <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/6/1730>.
- Mravec Boris. *Nervový systém I. Morfológický a funkčný podklad signalizácie - skriptum pre študentov lekárskeho fakult. Univerzita Komenského v Bratislave* 2013.
- Nečas, E a kol. 2021. *Obecná patologická fyziológia*, UK Praha, Karolinum, 312 s. ISBN 978-80-2464-633-6.
- Nečas, E a kol. 2009. *Patologická fyziológia orgánových systémů – Část I*, UK Praha, Karolinum, 379 s. ISBN 978-80-2461-711-4.
- Nečas, E a kol. 2009. *Patologická fyziológia orgánových systémů – Část II*, UK Praha, Karolinum, 396 s. ISBN 978-80-2461-712-1.
- Needham, Dale M a kol., 2012. “Lung Protective Mechanical Ventilation and Two Year Survival in Patients with Acute Lung Injury: Prospective Cohort Study.” *BMJ (Clinical research ed.)* 344: e2124.
- Neuman, T S, R G Spragg, P D Wagner, and K M Moser. 1980. “Cardiopulmonary Consequences of Decompression Stress.” *Respiration physiology* 41(2): 143–53.
- Novomestský, F. 2015. *Potápačská medicína*, 2. vyd. Martin: Osveta, 415 s. ISBN 978-80-8063-432-2.
- Olsen, Laura K, Ernesto Jr Solis, Lindsey K McIntire, and Candice N Hatcher-Solis. 2023. “Vagus Nerve Stimulation: Mechanisms and Factors Involved in Memory Enhancement.” *Frontiers in human neuroscience* 17: 1152064.
- Pastrňáková Emília. *Primárny hyperaldosteronizmus na pozadí artériovej hypertenzie*. *Via Practica* 2011, 8(S1): 23–28.
- Péčová, R. 2015. *Vybrané kapitoly z patologickej fyziológie pre študentov študijného programu všeobecné lekárstvo*. Bratislava: UK, Martin: JLF, 88 s. ISBN 978-80-89544-81-3.
- Pham, Tàì, Laurent J Brochard, and Arthur S Slutsky. 2017. “Mechanical Ventilation: State of the Art.” *Mayo Clinic proceedings* 92(9): 1382–1400.
- Queyam, AB, Pahuja, SK, Singh, D. 2018. “Doppler Ultrasound Based Non-Invasive Heart Rate Telemonitoring System for Wellbeing Assessment.” *International Journal of Intelligent Systems and Applications* 10(12): 69–79.

- Ságová, I, Mokáň, M. 2024. Praktická endokrinológia. Turany: Vydavateľstvo P + M, 316 s. ISBN: 9788089410736.
- Savioli, Gabriele a kol., 2022. “Dysbarism: An Overview of an Unusual Medical Emergency.” *Medicina* (Kaunas, Lithuania) 58(1).
- Sjörs, Anna. 2010. “I Feel Terrible! Can You Measure That? Exploring Psychophysiological Stress Responses and Their Interactions with Performance, Subjective Reports and Health Status.” <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:140759814>.
- Sitárová Katarína. Myasténia gravis – atestačná práca. In: Kapitoly modernej neurológie 2007.
- Stančiaková Lucia, Emília Flochová, Ján Staško, Peter Kubisz. Anémie – diagnostika a diferenciálna diagnostika. *Via Practica* 2015, 12(4): 156–159.
- Sutherasan, Yuda, Maria Vargas, and Paolo Pelosi. 2014. “Protective Mechanical Ventilation in the Non-Injured Lung: Review and Meta-Analysis.” *Critical care* (London, England) 18(2): 211.
- Špalek Peter. Myasténia gravis. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie* 2008; 71/104(1): 7-24.
- Thomas SL, Makaryus AN. Physiology, Cardiovascular Murmurs [Internet]. StatPearls. StatPearls Publishing; 2019 [cited 2024 Jul 2]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30247833>.
- Tonhajzerova, Ingrid, Mestanik, M. 2016. Psychofyziológia: Od stresovej odpovede po biofeedback. Martin: Jesseniova lekárska fakulta Univerzity Komenského, 164 s. ISBN 9788081870095.
- Vojtišková J. Maligní hypertermie. 2017. *Pediatric pro praxi* 18(6): 368–372.
- Weingart, Scott D. 2016. “Managing Initial Mechanical Ventilation in the Emergency Department.” *Annals of emergency medicine* 68(5): 614–17.