

MANUÁL PRAKTICKÝCH CVIČENÍ Z FYZIOLOGIE PRE NELEKÁRSKE ŠTUDIJNÉ PROGRAMY

Vysokoškolské skriptá pre praktickú výučbu fyziológie nelekárskych študijných programov

Autor:

prof. MUDr. Ingrid Tonhajzerová, PhD.

Pracovisko:

Univerzita Komenského v Bratislave
Jesseniova lekárska fakulta v Martine
Ústav fyziológie

Recenzenti:

prof. MUDr. Viera Švihrová, CSc.
Univerzita Komenského v Bratislave
Jesseniova lekárska fakulta v Martine
Ústav verejného zdravotníctva

doc. MUDr. Tomáš Bolek, PhD.

Univerzita Komenského v Bratislave
Jesseniova lekárska fakulta v Martine a Univerzitná nemocnica Martin

1. Interná klinika

Obsah vzdelávacieho materiálu neprešiel špecializovanou terminologickou, jazykovou, gramatickou a štylistickou korektúrou. Za uvedené stránky vzdelávacieho materiálu zodpovedá autor.

Všetky práva vyhradené. Publikácia ani žiadna jej časť sa nesmie reprodukovat', ukladať do informačných systémov alebo iným spôsobom rozširovať (fotografickou reprodukciou, elektronicky) bez predchádzajúceho súhlasu autora.

© prof. MUDr. Ingrid Tonhajzerová, PhD., 2025

Rok vydania: 2025

ISBN: 978-80-8187-168-9

PREDHOVOR

Milí študenti,

vysokoškolské skriptá „Manuál praktických cvičení z fyziologie pre nelekárske študijné programy“ sú určené a pripravené presne podľa potrieb pre praktickú výučbu fyziológie študentov verejného zdravotníctva, pôrodnej asistencie a ošetrovateľstva a ako doplnok k teoretickým vedomostiam z učebníc a prednášok.

Vybrané kapitoly sú zoradené podľa programu praktickej výučby z fyziológie pre nelekárske študijné programy na Ústave fyziológie JLF UK, sú rozdelené na stručný teoretický úvod nasledovaný zadaním úloh pre seminárnu časť a samostatnú praktickú časť. Novým prístupom je zavedenie klinickej implikácie poznatkov v súlade s najnovšími odporúčaniami, zadanie tém pre vypracovanie samostatných seminárnych prezentácií pre jednotlivé študijné programy, určenie vlastného diagnostického záveru na základe výsledkov a kritického myslenia, ako aj možnosť overenia svojich vedomostí vo forme kontrolných otázok.

Moje poďakovanie patrí vedúcej Ústavu fyziológie JLF UK prof. MUDr. Andrei Čalkovskej, DrSc., prof. MUDr. Daniele Mokrej, PhD., Ing. Zuzane Višňovcovej, PhD. a MUDr. Nikole Ferencovej, PhD., ktorí sa podieľajú na výučbe nelekárskych študijných programov a prinášajú cenné nápady a inšpirácie. Moje poďakovanie patrí recenzentom prof. MUDr. Viere Švihrovej, CSc. a doc. MUDr. Tomášovi Bolekovi, PhD. za ich ústretovosť a čas.

Milí študenti, prajem veľa úspechov pri poznávaní tajomstiev a funkcií ľudského tela.

Ingrid Tonhajzerová

OBSAH

Obsah.....	3
1. Fyziológia krvi	1
1.1 PARAMETRE URČUJÚCE ČERVENÚ KRVNÚ ZLOŽKU	2
1.1.1 Hematokrit – biofyzikálna charakteristika krvi.....	2
1.1.2 Erytrocyty – červené krvinky	3
1.1.3 Hemoglobín – červené krvné farbivo	4
1.1.4 Sedimentačná rýchlosť erytrocytov.....	4
1.2 PARAMETRE URČUJÚCE BIELU KRVNÚ ZLOŽKU	5
1.2.1 Leukocyty – biele krvinky.....	5
1.2.2 Charakteristika leukocytov	6
1.3 URČOVANIE HEMOSTÁZY A KRVNÝCH SKUPÍN	7
1.3.1 Hemostáza – zrážanie krvi	7
1.3.2 Hemokoagulácia – <i>hemokoagulačný skrining</i>	8
1.3.3 Krvné skupiny – <i>AB0 systém, Rh systém</i>	10
1.4 SEMINÁRNA ČASŤ	11
1.5 PRAKTICKÁ ČASŤ	11
2. FYZIOLOGIA KARDIOVASKULÁRNEHO SYSTÉMU	18
2.1 Elektrokardiografia – <i>fyziológický princíp</i>	18
2.2 Tlak krvi	20
2.2.1 Meranie tlaku krvi	20
2.3 SEMINÁRNA ČASŤ	26
2.4 PRAKTICKÁ ČASŤ	26
3. FYZIOLOGIA DÝCHACIEHO SYSTÉMU	35
3.1 Spirografia – <i>fyziológický princíp</i>	35
3.2 SEMINÁRNA ČASŤ	40
3.3 PRAKTICKÁ ČASŤ	40
4. FYZIOLOGIA VÝŽIVY	45
4.1 Racionálna výživa – <i>princípy, poruchy výživy</i>	46
4.2 Hodnotenie výživového statusu – <i>antropometrické vyšetrenie</i>	47
4.3 SEMINÁRNA ČASŤ	50
4.4 PRAKTICKÁ ČASŤ	50
5. FYZIOLOGIA REGULÁCIE GLYKÉMIE A OBLÍČKOVÝCH FUNKCIÍ.....	54
5.1 Glykémia – <i>koncentrácia glukózy v krvi</i>	54
5.2 Sledovanie obličkových funkcií – <i>diuréza a moč</i>	55

5.3	SEMINÁRNA ČASŤ	57
5.4	PRAKTICKÁ ČASŤ	57
6.	FYZIOLÓGIA NERVOVÉHO SYSTÉMU	61
6.1	Reflexná činnosť	61
6.1.1	Delenie reflexov	62
6.1.2	Charakteristika reflexov	63
6.2	Kognitívne funkcie	66
6.3	Lateralita mozgových hemisfér	66
6.4	Zmysly – zrak a sluch.....	67
6.5	SEMINÁRNA ČASŤ	68
6.6	PRAKTICKÁ ČASŤ	68

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1	Hematokrit.....	2
Obr. 2	Erytrocyt.....	3
Obr. 3	Dvojvrstva elektrických nábojov okolo erytrocytov	4
Obr. 4	Leukogram.....	6
Obr. 5	Hemokoagulačné testy vo vzťahu k hemostáze.....	9
Obr. 6	AB0 systém.....	10
Obr. 7	Šírenie vzruchu prevodovým (vodivým) systémom srdca a jeho znázornenie na EKG krivke.....	18
Obr. 8	EKG krivka.....	19
Obr. 9	Grafický záznam arteriálneho pulzu.....	20
Obr. 10	Auskultačná metóda merania tlaku krvi.....	21
Obr. 11	Oscilometrická metóda merania tlaku krvi.....	22
Obr. 12	ABPM prístroj a záznam monitorovania tlaku krvi.....	24
Obr. 13	Snímanie tlaku krvi pletyzmografickou manžetou a výsledný záznam kontinuálneho merania tlaku krvi.....	25
Obr. 14	Dychové objemy a kapacity.....	36
Obr. 15	Záznam úsilného rozpísaného výdychu vitálnej kapacity.....	37
Obr. 16	Krivka „prietok-objem“	38
Obr. 17	Krivka „prietok-objem“ za fyziologických a patologických podmienok	39
Obr. 18	Výstupný protokol analýzy zloženia tela.....	49
Obr. 19	Reflexný oblúk.....	62
Obr. 20	Patelárny reflex.....	63
Obr. 21	Flexorový reflex.....	64
Obr. 22	Charakteristiky eferentných dráh pre somatický a autonómny nervový systém.....	65
Obr. 23	Pupilárny svetelný reflex.....	65

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1	Hodnoty systolického a diastolického tlaku krvi pre dospelú populáciu
Tab. 2	Hodnoty systolického tlaku krvi (STK) a diastolického tlaku krvi (DTK) pre dospelú populáciu meraných v ambulancii lekára, domácom prostredí a 24-hodinovým monitorovaním (ABPM)
Tab. 3	Hodnoty BMI a percenta podkožného tuku u dospelých ľudí
Tab. 4	Hodnoty glykémie a orálneho glukózového tolerančného testu (oGTT)

1. FYZIOLOGIA KRVÍ

Krv je definovaná ako červená viskózna tekutina, ktorá sa skladá z *plazmy a formovaných krvných elementov*. Objem krvi tvorí približne 7 % celkovej telesnej hmotnosti (muži približne 5,5 - 6 litrov, ženy: cca 4,5 litra kvôli väčšiemu zastúpeniu tuku). *Normovolémia* označuje fyziologický objem krvi, *hypervolémia* znamená vyšší objem krvi, ktorý vzniká napríklad pri gravidite alebo vo vysokých nadmorských výškach. *Hypovolémia* - nižší objem krvi môže byť následkom krvácania alebo stavov spojených s dehydratáciou.

Krv ako tekutý orgán plní viacero dôležitých funkcií. Medzi základné funkcie krvi zaradíme **transportnú**, ktorá zabezpečuje transport kyslíka a živín k bunkám, transport oxidu uhličitého a produktov metabolizmu k vylučovacím orgánom, prenos hormónov a iných látok, **termoregulačnú**, ktorá je zodpovedná za udržiavanie stálej telesnej teploty (homoiotermia), **hemostatickú** zodpovednú za zastavenie krvácania (hemostáza), **obrannú**, ktorá zabezpečuje a reguluje obranné mechanizmy proti infekcii. Ďalej krv plní funkciu z hľadiska udržania **homeostázy**, a to izoiónie (t.j. stálosti vzájomného pomeru iónov), izohydrie (t.j. udržiavania stálosti pH v rozmedzí 7,36 - 7,44) a izoosmie (t.j. stálosti osmotického tlaku). Krv zohráva významnú úlohu z hľadiska objemu v **udržiavaní tlaku krvi**.

Plazma je charakterizovaná ako tekutá zložka krvi vytvárajúca prostredie pre krvinky a krvné doštičky, má bledožlté sfarbenie a relatívne stále zloženie, ktoré je dôležité pre správne fungovanie organizmu. Tvorí približne 4 % telesnej hmotnosti a skladá sa z vody (90 – 92 %), organických a anorganických látok. Medzi *anorganické látky plazmy* patria sodíkové, chloridové a hydrogénuhličitanové ióny, vápnik, horčík, fosfor, železo, meď, jód. Hlavná funkcia *anorganických látok* spočíva v udržiavaní osmotického tlaku plazmy. *Organické látky plazmy* obsahujú celkové bielkoviny a ich frakcie (albumíny, globulíny, fibrinogén), nebielkovinové dusíkaté látky, močovinu, kyselina močová, kreatín a kreatinín, glukózu, celkové lipidy, cholesterol a triacylglyceridy, bilirubín, voľné mastné kyseliny a iné.

Klinická implikácia:

Skúsime vysvetliť, ako vznikne edém (napríklad pri obličkovom ochorení, ktoré býva spojené s opuchmi viečok alebo dolných končatín): celkové bielkoviny plazmy – proteinémia (60-80 g/l) a ich frakcie patria medzi najvýznamnejšie látky plazmy z dôvodu ich funkcií: udržiavanie objemu plazmy, procesy zrážania krvi, transportná funkcia, účasť na imunitných reakciách, udržiavanie suspenznej stability krvi a stálej hodnoty pH v krvi, nutričná funkcia a ďalšie. Plazmatické bielkoviny sú zodpovedné za stály koloidne-osmotický, tzv. onkotický tlak v intravaskulárnom priestore (25 - 30 mmHg, t.j. 3,3 - 4 kPa). Bielkoviny - albumíny majú

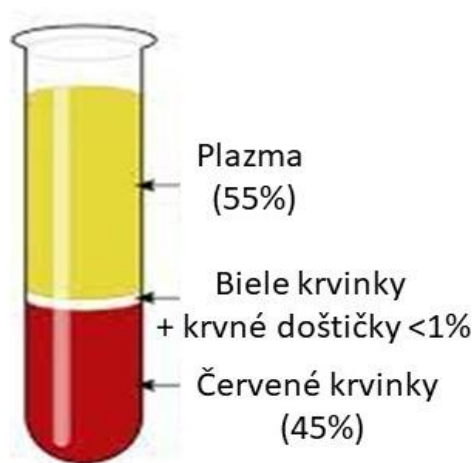
*schopnosť viazať a udržiavať vodu intravaskulárne (vnútri ciev). Nedostatok bielkovín vedie k poklesu onkotického tlaku, tekutina prestupuje z intravaskulárneho do extravaskulárneho priestoru (mimo ciev), kde sa hromadí a vzniká **edém**.*

Formované krvné elementy zahŕňujú červené krvinky – erytrocyty (muži: $4,3 - 5,3 \times 10^{12}/l$, ženy: $3,8 - 4,8 \times 10^{12}/l$), biele krvinky – leukocyty ($4 - 10 \times 10^9/l$) a krvné doštičky – trombocyty ($150 - 350 \times 10^9/l$). Ich funkcie budú opísané v ďalších častiach v logickom poradí – červená krvná zložka, biela krvná zložka a hodnotenie procesov hemostázy.

1.1 PARAMETRE URČUJÚCE ČERVENÚ KRVNÚ ZLOŽKU

1.1.1 Hematokrit – biofyzikálna charakteristika krvi

Hematokrit (obr. 1) je definovaný ako objemový podiel červených krviniek na celkovom objeme krvi, pričom je rozdiel medzi pohlaviami: muži: $0,44 \pm 0,05$ ($44 \% \pm 5 \%$), t.j. fyziologické rozpätie hematokritu sa pohybuje v rozmedzí $39 \% - 49 \%$, ženy: $0,39 \pm 0,04$ ($39 \% \pm 4 \%$), čiže fyziologické rozpätie sa pohybuje medzi $35 \% - 43 \%$. Hemodilúcia označuje zriedenie krvi, čo vedie k poklesu hematokritu (napríklad pri zníženom počte erytrocytov v dôsledku krvácania alebo pri infúznej terapii), naopak, hemokoncentrácia označuje zahustenie krvi, kedy sa hodnota hematokritu zvyšuje (napríklad vo vysokohorskom prostredí alebo pri dehydratácii).



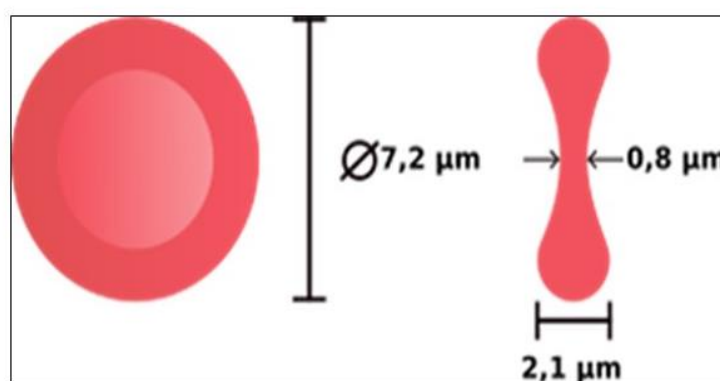
Obr. 1 Hematokrit

(upravené podľa zdroja: <https://www.wikiskripta.eu/w/Hematokrit>)

1.1.2 Erytrocyty – červené krvinky

Erytrocyty predstavujú špecializované bunky, ktoré v priebehu dozrievania strácajú jadro a ďalšie bunkové štruktúry (nie sú teda pravými bunkami). Fyziologické množstvo červených krviniek je odlišné pre jednotlivé pohlavia: muži - $4,3 - 5,3 \times 10^{12}$ na 1 liter krvi, ženy: $3,8 - 4,8 \times 10^{12}$ na 1 liter krvi, pričom u novorodencov je počet erytrocytov najvyšší ($7 - 8 \times 10^{12}/l$) a v prvom roku života najnižší. *Erythrocytopénia* označuje pokles množstva erytrocytov (napríklad pri anémii), *hypererythrocytóza* (polycytémia, polyglobúlia) je zvýšené množstvo erytrocytov (napríklad vo vysokohorskom prostredí). Základnou funkciou červených krviniek je prenos dýchacích plynov (kyslíka a oxidu uhličitého).

Normálny erytrocyt (obr. 2) – normocyt – je charakterizovaný piškótovitým tvarom, priemerom $7,2 \pm 0,5$ mikrometra. V klinickej praxi sa určujú ďalšie charakteristiky – stredný objem erytrocytu (*mean corpuscular volume of erythrocyte* - MCV), priemerný obsah hemoglobínu v erythrocyte (*mean corpuscular hemoglobin in erythrocyte* - MCH), priemerná koncentrácia hemoglobínu v erythrocyte (*mean corpuscular hemoglobin concentration in erythrocyte* – MCHC). Normálne fyziologické rozmedzie pre MCV je 85 ± 10 femtolitrov, pre MCH je norma 32 ± 2 pikogramov, pre MCHC je 0,30 – 0,35 (t.j. 30 – 35 %) hemoglobínu v jednej objemovej jednotke erytrocytov. Hodnoty týchto parametrov sú dôležité pre diferenciálnu diagnostiku anémií (podrobnejšie v časti Hemoglobín).



Obr. 2 Erytrocyt

(upravené podľa

zdroja: https://www.wikiskripta.eu/w/%C4%8Cerven%C3%A9_krvinky#/media/Soubor:Sch%C3%A9ma_erytrocytu.svg)

1.1.3 Hemoglobín – červené krvné farbivo

Hemoglobín – červené krvné farbivo – predstavuje základnú zložku erytrocytu. Funkcia hemoglobínu spočíva v transporte kyslíka a oxidu uhličitého a zabezpečení stáleho pH v krvi.

Množstvo hemoglobínu je rozdielne pre pohlavia: muži: 135 – 170 g/l, ženy: 120 – 160 g/l.

Z klinického pohľadu je dôležité si uvedomiť, že pojem *anémia* zahŕňa pokles množstva hemoglobínu, ktorý je spojený so znížením počtu erytrocytov a hematokritu. Existuje viacero typov anémie – *sideropenická* (nedostatok železa), *anémia zapríčinená nedostatkom vitamínu B12*, *hemolytická* (pri iktere) a ďalšie. Podľa ďalších parametrov erytrocytov rozlišuje mikrocytovú, makrocytovú alebo hypochrómnu anémiu.

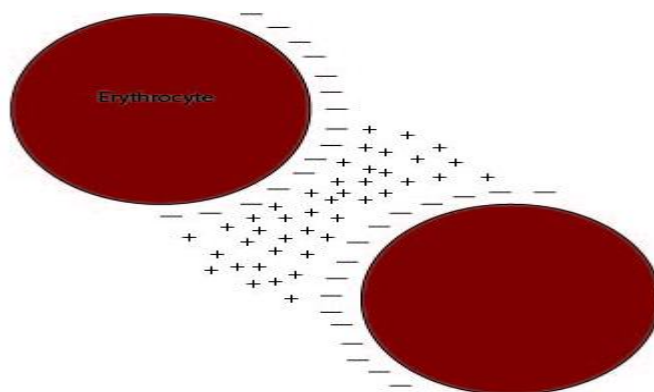
Klinický prípad:

Pacientka, na pohľad unavený vzhľad, lámavé a suché vlasy, bolestivé ústne kútiky, lámavé nechty. Laboratórne nálezy ukázali zníženie všetkých parametrov červenej krvnej zložky vrátane nižšieho stredného objemu erytrocytov (MCV), koncentrácie a obsahu hemoglobínu v erythrocyte (MCHC, MCH). Výsledky teda poukazujú na mikrocytovú a hypochrómnu anémiu, ktorá býva spojená s nedostatkom železa – diagnostikujeme sideropenickú anémiu. Vieme, že v organizme najskôr dochádza k vyčerpaniu zásob železa a poklesu hladiny sérového železa, až potom sa znižujú hladiny hemoglobínu a vzniká anémia. Z hľadiska terapie odporúčame doplniť železo.

1.1.4 Sedimentačná rýchlosť erytrocytov

Sedimentačná rýchlosť erytrocytov označuje recipročnú hodnotu suspenznej stability krvi. To znamená, že nezáraňanlivá krv (ako suspenzia formovaných krvných elementov v plazme) *in vitro* zostáva dlhší čas vo forme suspenzie a následne sa zložky krvi rozdelia podľa mernej hmotnosti (podobne ako pri centrifugácii).

Princípom udržiavania erytrocytov rozptýlených v plazme vo forme suspenzie je *elektrické odpudzovanie erytrocytov*. Inými slovami, každý erythrocyt má negatívny elektrický náboj na povrchu, kde oproti daným negatívnym elektrickým nábojom sú nasmerované pozitívne náboje plazmy (obr. 3). Erythrocyty sú tak obkolesené dvojvrstvou elektrických nábojov (tzv. Helmholtzova dvojvrstva), ktorá napomáha vzájomnému elektrickému odpudzovaniu a udržiavaniu erythrocytov v stave suspenzie.



Obr. 3 Dvojvrstva elektrických nábojov okolo erythrocytov

(upravené podľa zdroja: <https://quizlet.com/gb/594070693/biophysics-the-electrical-double-layer-flash-cards/>)

Rýchlosť sedimentácie je ovplyvnená viacerými faktormi: *vek, pohlavie, počet a veľkosť erytrocytov, prítomnosť imunoglobulínov, zmeny pomerov bielkovín v plazme, koncentrácie lipidov v plazme* a ďalšie. Fyziologické hodnoty sedimentačnej rýchlosti erytrocytov sa líšia od veku a pohlavia. U mužov do 50 rokov sa považujú hodnoty sedimentačnej rýchlosti za fyziologické, ak sú pod 15 mm/hodinu, nad 50 rokov pod 20 mm/hodinu. Ženy majú sedimentačnú rýchlosť vyššiu: do 50 rokov sa berie ako normálna hodnota pod 20 mm/hodinu, nad 50 rokov je normálna hodnota pod 30 mm/hodinu. U novorodencov sú fyziologické hodnoty sedimentačnej rýchlosti 0 – 2 mm/hodinu, v detskom veku do puberty sú normálne hodnoty 3 – 13 mm/hodinu. Za fyziologických okolností býva sedimentačná rýchlosť zvýšená pri menštruácii alebo počas tehotenstva, za patologických stavov je zvýšenie sedimentačnej rýchlosti pri zápaloch, anémiach, onkologických ochoreniach a ďalších. Opačne, znížené hodnoty sedimentačnej rýchlosti sú pozorované pri polyglobúlii, zlyhávaní obličiek alebo reumatických ochoreniach.

Z klinického pohľadu je vyšetrenie sedimentačnej rýchlosti erytrocytov senzitívna, ale nie špecifická skúška. Inak povedané, normálne hodnoty sedimentačnej rýchlosti erytrocytov ochorenie nevylučujú, ale patologické hodnoty (zvýšené alebo znížené hodnoty) ochorenie potvrdzujú.

1.2 PARAMETRE URČUJÚCE BIELU KRVNÚ ZLOŽKU

1.2.1 Leukocyty – biele krvinky

Biele krvinky obsahujú *jadro a ďalšie bunkové organely*, sú teda pravými bunkami (na rozdiel od erytrocytov). Množstvo bielych krviniek je rovnaké pre obe pohlavia - $4 - 10 \times 10^9$ v jednom litri krvi, u novorodencov je množstvo bielych krviniek zvýšené. Hlavná funkcia leukocytov spočíva v zabezpečení *obranyschopnosti organizmu* proti cudzorodým látkam na základe integrácie nešpecifických a špecifických imunitných mechanizmov.

Leukocytóza označuje zvýšené množstvo leukocytov (napríklad pri infekciách), *leukopénia* označuje znížené množstvo leukocytov (napríklad pri hladovaní alebo útlme kostnej drene).

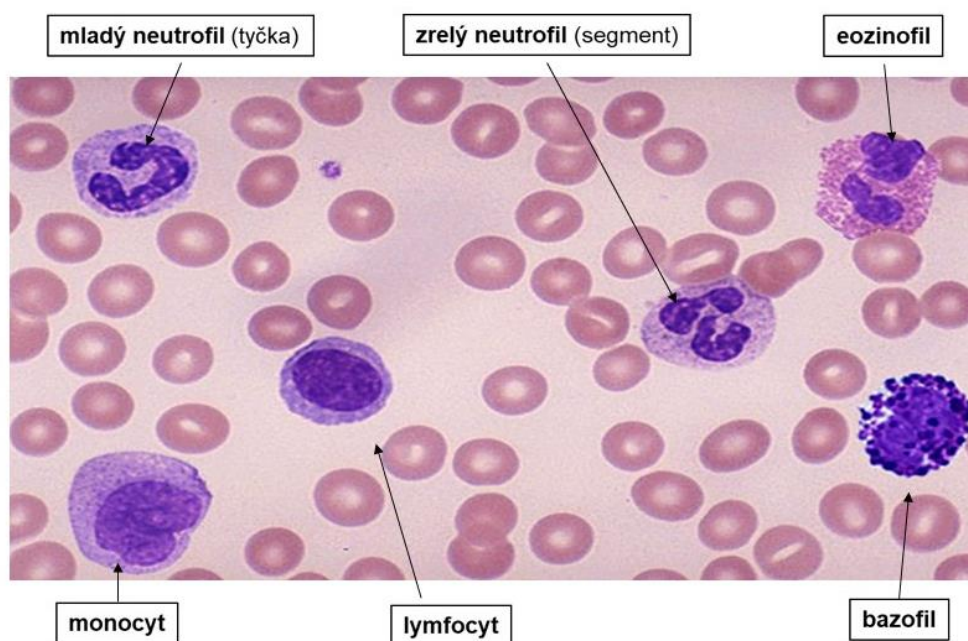
Je dôležité poznamenať, že daná hodnota vyjadruje len necelú polovicu zo skutočného množstva leukocytov. Inými slovami, sú to len tie leukocyty, ktoré cirkulujú v krvi – *cirkulujúce leukocyty*. Druhá polovica leukocytov sa nachádza na stenách kapilár – tzv. *marginujúce leukocyty*.

Biele krvinky sa rozdeľujú na *granulocyty a agranulocyty*. Toto delenie je na základe prítomnosti špecifických granúl v cytoplazme (prítomnosť granúl však môže byť napríklad aj u agranulocytov – vid' nižšie *Charakteristika leukocytov*). Granulocyty sa vyznačujú prítomnosťou špecifických granúl v cytoplazme a rozdeľujú sa na: *neutrofilné* (56 – 64 % všetkých leukocytov), *eozinofilné* (1 – 3 % z celkového počtu leukocytov) a *bazofilné* (0,5 % z

celkového počtu leukocytov). *Neutrofilia* - zvýšený počet neutrofilov - sa vyskytuje pri zápalových ochoreniach, *neutropénia* - znížený počet neutrofilov - je spojený so stavmi ako pri leukopénii (napr. útlm kostnej drene). *Eozinofília* - zvýšený počet eozinofilov - je typická pre alergické a parazitárne ochorenia, *eozinopénia* - pokles množstva eozinofilov - je spojená s ťažkými infekčnými ochoreniami. *Bazofília* - zvýšenie množstva bazofilov - je zriedkavé a môže nastať napríklad pri chronickej myelóze.

Druhá skupina bielych krviniek – *agranulocyty* sa delia na: *lymfocyty* (24 – 40 % z celkového počtu leukocytov) a *monocyty* (3 – 8 % z celkového počtu leukocytov). *Lymfocytóza* - zvýšený počet lymfocytov - je spojený s ochoreniami, ako je čierny kašeľ alebo tuberkulóza, avšak fyziologicky sa vyskytuje v detskom veku. *Lymfopénia* označuje znížený počet lymfocytov a môže byť spojená s cytostatickou a kortikosteroidnou liečbou. *Monocytóza* – zvýšený počet monocytov – býva pri tuberkulóze.

Zastúpenie jednotlivých typov leukocytov sa označuje ako leukogram (obr. 4).



Obr. 4 Leukogram
(vlastný zdroj)

1.2.2 Charakteristika leukocytov

Z hľadiska morfológického, histologického a funkčného je možné jednotlivé druhy leukocytov charakterizovať nasledovne:

Granulocyty sú charakteristické členitým jadrom (sú označované ako polymorfonukleáry), prítomnosťou granúl v cytoplazme, ktorých sú dva typy: špecifické granuly a azurofilné granuly (pokladajú sa za lyzozómy). Celková charakteristika granulocytov (aj podľa farbitelnosti, tvaru, množstva a veľkosti - priemeru) je nasledovná:

NEUTROFILY: *množstvo:* 56 – 64 % všetkých leukocytov, *priemer:* 10 – 12 mikrometrov, *prítomnosť granúl:* v cytoplazme obsahujú drobné zrníčka (granuly) fialovej farby, *jadro:* väčšinou členené na 2 až 5 segmentov (staršie neutrofile), mladšie neutrofile majú tyčinkovité jadro, *funkcia:* nešpecifické imunitné mechanizmy (fagocytóza)

EOZINOFILY: *množstvo:* 1 – 3 % všetkých leukocytov, *priemer:* 13 – 14 mikrometrov, *prítomnosť granúl:* v cytoplazme obsahujú granuly bledočervenej alebo ružovej farby, *jadro:* má tvar činky, *funkcia:* zapojenie do imunitných mechanizmov proti baktériám alebo pri alergických reakciách

BAZOFILY: *množstvo:* bazofily tvoria najmenšie množstvo - do 0,5 % všetkých leukocytov, *priemer:* 8 - 10 mikrometrov, *prítomnosť granúl:* v cytoplazme obsahujú pomerne veľké granuly tmavomodrej až fialovočiernej farby s obsahom histamínu a heparínu, *jadro:* väčšinou členené na dva segmenty, *funkcia:* zapojenie do imunitných reakcií proti parazitárnym alebo zhubným ochoreniam.

Agranulocyty sú charakterizované ako bunky s veľkým a nečleneným jadrom (označujeme aj ako mononukleáry) bez prítomnosti špecifických granúl, avšak v cytoplazme niektorých buniek sa môže nachádzať rôzne množstvo purpurovo farbiacich sa azurofilných granúl.

MONOCYTY: *množstvo:* 3 – 8 % všetkých leukocytov, *priemer:* najväčšie bunky ľudskej krvi s priemerom 12 – 20 mikrometrov, *prítomnosť granúl:* v cytoplazme sa môžu nachádzať početné a veľmi jemné ružové granuly, charakteristická bazofilná plazma sivého odtieňa, *jadro:* veľké jadro, v mladých formách monocytov okrúhle, v starších formách monocytov má skôr tvar obličky, podkovy alebo je laločnaté, *funkcia:* patria medzi nezrelé bunky, migrujú do tkanív alebo telových dutín – makrofágy (napríklad v pľúcnych alveolách alebo v pečeni – Kupfferove bunky), súčasť mononukleárneho fagocytového systému.

LYMFOCYTY: *množstvo:* 24 – 40 % všetkých leukocytov, rozdeľujú sa populácie: B – lymfocyty, T- lymfocyty, *priemer:* malé lymfocyty – 6 – 9 mikrometrov, veľké lymfocyt - 12 – 15 mikrometrov, *prítomnosť granúl:* nemajú granuly, vyznačujú sa úzkym lemom bledomodrej cytoplazmy, veľké leukocyty sa vyznačujú relatívne širokým lemom cytoplazmy, *jadro:* typicky okrúhle tmavomodré, *funkcia:* T- lymfocyty a B – lymfocyty sa tvoria v kostnej dreni, pričom B – lymfocyty dozrievajú v kostnej dreni, T – lymfocyty v týluse: T – lymfocyty sú zodpovedné za špecifickú bunkovú imunitu, B – lymfocyty za protilátkovú imunitu (nutné podotknúť, že obidve populácie úzko spolupracujú pri imunitnej odpovedi).

NK – BUNKY (natural killers): osobitá populácia lymfocytov, ktoré patria medzi veľké granulované lymfocyty: *množstvo:* 5 – 10 % celkového množstva leukocytov, *priemer:* 10 – 12 mikrometrov, *prítomnosť granúl:* v cytoplazme sa nachádzajú azurofilné granuly, *jadro:* vyznačujú sa veľkým obličkovitým jadrom, *funkcia:* prirodzená obrana proti nádorovým bunkám a bunkám, ktoré sú infiltrované intracelulárnymi patogénmi.

1.3 URČOVANIE HEMOSTÁZY A KRVNÝCH SKUPÍN

1.3.1 Hemostáza – zrážanie krvi

Pojem *hemostáza* označuje komplexný proces, ktorý zahŕňa ochranné mechanizmy organizmu pred stratou krvi: *vazokonstrikcia*, *funkcia trombocytov*, *hemokoagulácia* a *aktivácia fibrinolýzy*.

Vazokonstrikcia – zúženie cievy – je reakciou na poškodenie cievy podmienené najmä aktivitou sympatikového nervového systému ako odpoveď na stresový stimul. Cieľom tejto reakcie je okamžité zníženie prietoku krvi v postihnutej časti cievy.

Trombocyty - krvné doštičky predstavujú najmenšie krvné elementy, ktoré nemajú jadro a sú zodpovedné za vytvorenie primárnej hemostatickej zátky hneď po poškodení cievnej steny. *Množstvo trombocytov* je $150 - 350 \times 10^9$ v jednom litri krvi (pre obe pohlavia), pričom v krvi cirkuluje asi 2/3 trombocytov. *Trombocytoza* označuje zvýšené množstvo trombocytov a vyskytuje sa napríklad po ťažkej svalovej práci, pojem *trombocytopenia* označuje znížené množstvo trombocytov, ktoré môže nastať pri nedostatočnej tvorbe v kostnej dreni. Nahromadenie (akumulácia) trombocytov, a teda vytvorenie primárnej hemostatickej zátky v mieste poškodenia je odpoveďou na narušenie endotelových buniek cievnej steny, čím nastane kontakt trombocytov s tkanivom (neporušený endotel je základným mechanizmom kontinuálneho toku krvi).

1.3.2 Hemokoagulácia – hemokoagulačný skrining

Samotná *hemokoagulácia* označuje súbor reakcií vedúcich k aktivácii faktorov *vnútornej a vonkajšej cesty zrážania krvi*, ktoré vedú k zastaveniu krvácania – vznik fibrínovej zrazeniny (koagulum) a vytvoreniu sekundárnej (červenej) **hemostatickej zátky**.

Na vysvetlenie jednotlivých procesov hemokoagulácie je nevyhnutné poznať faktory zrážania krvi, ktorých je celkovo trinásť: FI – fibrinogén, FII – protrombín, FIII – tromboplastín (tkaninový faktor), FIV – vápnikové ióny, FV – proakcelerín, FVI – akcelerín (vzniká premenou z proakcelerínu), FVII – prokonvertín, FVIII – antihemofilický faktor (nedostatok spôsobuje *hemofiliu A*), FIX – PTC (*plasma thromboplastin component*, Christmasov faktor – nedostatok spôsobuje *hemofiliu B*), FX – Stuartov-Prowerovej faktor (spoločný faktor vnútornej a vonkajšej cesty), FXI – PTA (*plasma thromboplastin antecedent*, Rosenthalov faktor, nedostatok spôsobuje *hemofiliu C*), FXII – Hagemanov faktor, FXIII – faktor stabilizujúci fibrín. Dôležité je poznamenať, že faktory FII, FVII, FIX, FX sú závislé od vitamínu K.

Základom vytvorenia *sekundárnej hemostatickej zátky* je aktivácia *protrombínu na trombín*, ktorý následne aktivuje *fibrinogén na fibrín*, čím vzniká pevná sieť, ktorá zachytáva krvné elementy a plazmu – vzniká *koagulum* ako hlavná zložka sekundárnej hemostatickej zátky. Aktivácia *vonkajšej cesty* začína poškodením cievneho tkaniva s následným uvoľnením tkanivového faktoru FIII (tromboplastín), ktorý vytvára komplex s faktorom FVII a následnou aktiváciou faktoru FX. *Vnúterná cesta* začína kontaktom s kolagénom, následnou aktiváciou

faktoru FXII a ďalšími koagulačnými faktormi – FXI, FIX, FVIII a FX. Posledný krok vnútornej a vonkajšej cesty je *spoločný*: aktivovaný faktor FXa spolu s faktorom FV vytvárajú komplex – aktivátor protrombínu. Najnovšia teória vytvárania sekundárnej hemostatickej zátky delí proces na tri fázy – *iniciačná fáza* (faktor FVII, FIII, FIX, FX), kde aktivovaný faktor FXa priamo aktivuje protrombín na trombín. Nasleduje *amplifikačná fáza* - za priebeh je zodpovedný trombín, ktorý aktivuje faktory FXIa, FVIIIa a FVa, krvné doštičky, ako aj fibrín stabilizujúci faktor (FXIIIa), čo zabezpečí zrýchlenie procesu a posledná - *propagačná fáza* spojená s aktívnymi faktormi FXa a FVa je charakterizovaná výraznou tvorbou trombínu, premenou fibrinogénu na fibrínovú sieť a následne vplyvom faktora FXIII na stabilné krvné koagulum.

Vyšetrením hemokoagulačných testov je možné získať informáciu o jednotlivých častiach kaskády hemokoagulácie a sú používané v klinickej praxi ako súčasť predoperačných vyšetrení, pri monitorovaní antikoagulačnej liečby alebo pri krvácaných stavoch. Najviac používanými hemokoagulačnými testami sú: *aktivovaný parciálny tromboplastínový čas (APTT)*, *rekalcifikačný čas* - monitorujúce aktiváciu vnútornej cesty, *protrombínový čas (tromboplastínový čas, Quickov test)* - monitorujúci vonkajšiu cestu, trombínový čas monitorujúci premenu fibrinogénu na fibrín (po podaní štandardného množstva trombínu) a iné (obr. 5).

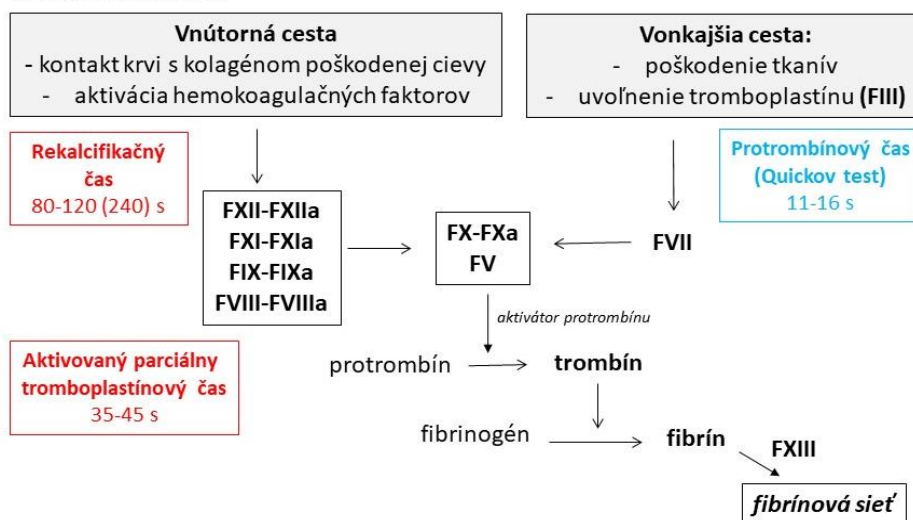
1. Vazokonstrikcia – reflexný spazmus (sympatikus), humorálne faktory

2. Trombocyty

Množstvo
(150-350 x 10⁹/L)

Rekalcifikačný čas
80-120 (240) s

3. Hemokoagulácia:



Obr. 5 Hemokoagulačné testy vo vzťahu k hemostáze
(vlastný zdroj)

1.3.3 Krvné skupiny – AB0 systém, Rh systém

Pojem *krvná skupina* označuje všetky geneticky dané vlastnosti červenej krvinky, ktoré sú dané prítomnosťou špecifických antigénov na membráne červenej krvinky a je možné ich dokázať laboratórnymi metódami. *AB0 systém* je najčastejší a najrozšírenejší krvný systém určený prítomnosťou *špecifických antigénov na membráne erytrocytov a prítomnosťou prirodzených protilátok v plazme*. Prítomnosť A antigénu a B antigénu (označované ako *aglutinogény*) určuje krvnú skupinu. Protilátky v plazme proti jednotlivým antigénom sú označované ako *aglutiníny*: aglutinín anti-A, aglutinín anti-B. To znamená, že krvná skupina A má aglutinogén A a aglutinín anti-B, krvná skupina 0 nemá žiaden aglutinogén a aglutiníny anti-A, anti-B, krvná skupina B má aglutinogén B a aglutinín anti-A, krvná skupina AB má obidva aglutinogény (A, B) a žiadne aglutiníny (obr. 6).

krvná skupina	aglutinogén	aglutinín
O	-	anti-A,anti-B
A	A	anti-B
B	B	anti-A
AB	A,B	-

Obr. 6 AB0 systém
(vlastný zdroj)

Rh systém predstavuje zložitý antigénový systém, ktorý sa vyznačuje prítomnosťou 6 základných antigénov nachádzajúcich sa na membráne erytrocytov – C, D, E, c, d, e. Najvýraznejšie antigénové vlastnosti má *D antigén*, podľa ktorého sa označuje krv: *Rh - pozitívna krv* znamená prítomnosť D antigénu, *Rh - negatívna krv* znamená neprítomnosť D antigénu. Dôležité je uvedomiť si nasledovné: Rh systém sa odlišuje od AB0 systému tým, že *nemá prirodzené protilátky*, a preto protilátka anti-D môže vyvolať hemolytickú posttransfúziu reakciu alebo ťažkú novorodeneckú erytroblastózu.

Stanovenie krvných skupín má zásadný klinický význam a pred plánovanou transfúziou pacient podstupuje viacero vyšetrení a testov:

1. *Skúmavková metóda*: vyšetrenie krvných skupín (AB0 systém, Rh systém) na základe testovacích diagnostických sér darcu a príjemcu
2. *Krížna skúška*: potvrdenie vzájomnej zlučiteľnosti darcovej a príjemcovej krvi

3. *Kontrolné vyšetrenie:* ABO systém a Rh systém darcu a príjemcu sa vyšetrí diagnostickými sérami pri posteli pacienta (tzv. *bed-side test*)
4. *Biologická skúška:* sledovanie pacienta prvých 15 minút po podaní transfúzie kvôli riziku vzniku včasnej posttransfúznej reakcie (triaška, alergická reakcia)
5. *Sledovanie vitálnych funkcií* (tlak krvi, teplota, frekvencia srdca) a vyšetrenie moču pred a po transfúzií

1.4 SEMINÁRNA ČASŤ

Ošetrovatel'stvo:

Zmeny hematologických parametrov pri zápalových ochoreniach.

Základné vyšetrenia a opatrenia potrebných pre transfúziu krvi, algoritmus odporúčaní pre pacienta pred vyšetrením hemokoagulačných testov.

Verejné zdravotníctvo:

Funkcia leukocytov.

Problematika hygieny rúk z hľadiska minimalizácie infekčných ochorení.

Pôrodná asistencia:

Inkompatibilita Rh systému.

Odlišnosti fetálneho typu hemoglobínu a adultného (dospelého) typu hemoglobínu.

1.5 PRAKTICKÁ ČASŤ

ZÁKLADNÉ HEMATOLOGICKÉ PARAMETRE – analýza vyšetrenia automatickým hemoanalyzátorom

Stanovenie **krvného obrazu** (t.j. základné hematologické parametre) patrí medzi najčastejšie vyšetrenia v klinickej praxi. Hodnotenie daných parametrov sa vykonáva automatickým hemoanalyzátorom zo vzorky venóznej krvi a je umožnené porovnaním s fyziologickým rozmedzím hodnôt uvedeným na výstupnom protokole ihneď po vyšetrení.

Potrebný materiál:

Set na odber venóznej krvi – sterilná ihla, sterilná striekačka alebo vákuový systém na odber venóznej krvi, špeciálna skúmavka s antikoagulačným prostriedkom (napr. EDTA), sterilné vatové tampóny, špeciálne škrtidlo, dezinfekčný roztok, ochranné rukavice

Postup:

1. *Podľa zásad a odporúčaní pre odber venóznej krvi odoberte 5 ml venóznej krvi z periférnej žily v lakťovej jamke do špeciálnej skúmavky.*

ODBER VENÓZNEJ KRVI



Príprava miesta odberu,
obmedzenie odtoku krvi
škrtdlom



Palpačné určenie miesta
odberu



Dezinfekcia miesta
odberu



Prechod ihly cez stenu
žily a odber krvi



Pritlačenie vatového
tampóna po odbere krvi

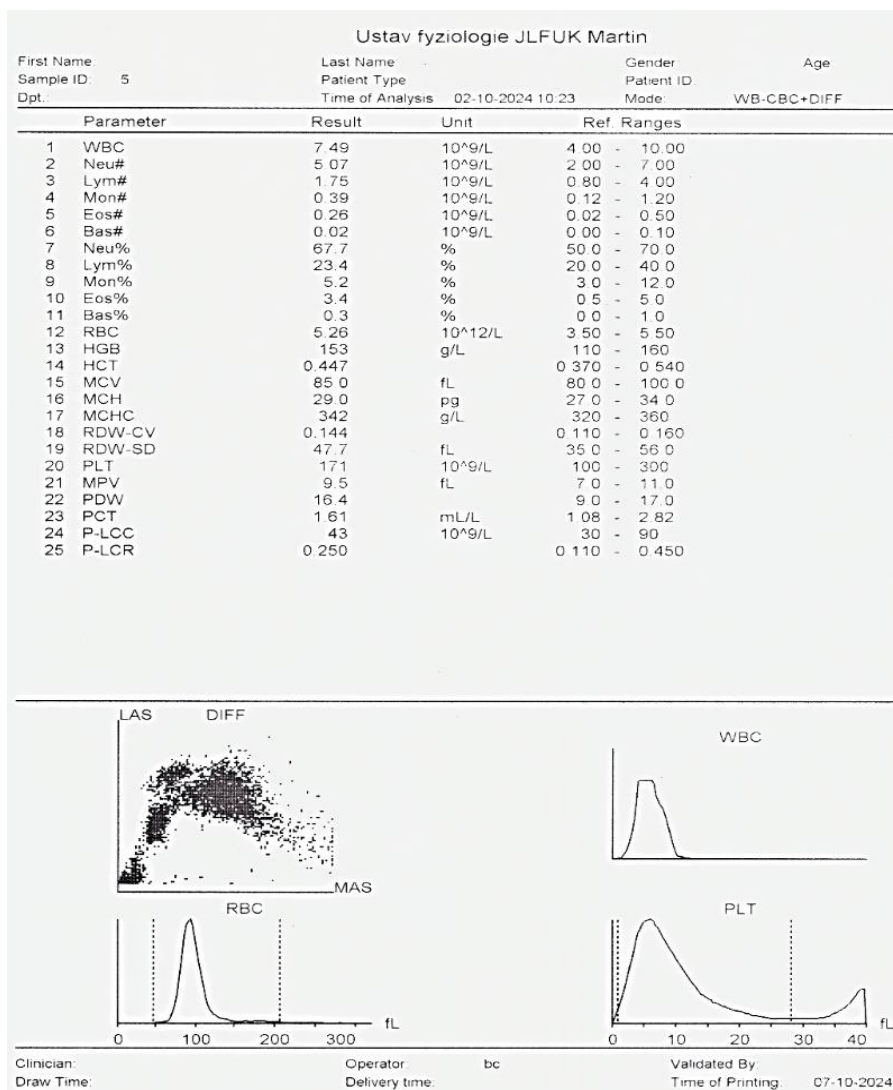


Uvoľnenie kompresie ramena a
vytiahnutie ihly z miesta odberu

Princípy odberu venózneho krvi

(upravené podľa zdroja: [k.pinterest.com/pin/phlebotomy--3096293488130701/](https://www.pinterest.com/pin/phlebotomy--3096293488130701/))

2. Pripravenú skúmavku so vzorkou venózneho krvi vložíme do hemoanalyzátoru na automatickú analýzu hematologických parametrov.
3. Vytlačíme výsledky vyšetrenia.



Výstupný protokol analýzy krvnej vzorky hemoanalyzátorom
(zdroj: Ústav fyziológie, JLF UK)

Výsledková časť

1. Doplňte hodnoty krvných parametrov do tabuľky a porovnajte s normou.
2. Urobte diagnostický záver na základe daných parametrov.

PARAMETER	REFERENČNÁ HODNOTA	NAMERANÁ HODNOTA
počet erytrocytov - RBC		
priemerné množstvo hemoglobínu (HGB)		
hematokrit (HCT)		
priemerný objem erytrocytu (MCV)		
priemerná koncentrácia hemoglobínu (MCH)		

distribučná šírka erytrocytov (RDW)		
štandardná odchýlka RDW (RDW-SD)		
koeficient variácie RDW (RDW-CV)		
počet bielych krviniek – WBC		
neutrofily		
neutrofily (%)		
eozinofily		
eozinofily (%)		
bazofily		
bazofily (%)		
monocyty		
monocyty (%)		
lymfocyty		
lymfocyty (%)		
počet trombocytov (PLT count)		
priemerný objem trombocytu (MPV)		
distribučná šírka trombocytov (PDW)		
trombocytokrit (PCT)		

Diagnostický záver

1. Zhodnoťte namerané hodnoty v porovnaní s normálnym rozmedzím parametrov – *fyziologické, zvýšené množstvo, znížené množstvo.*
2. Napíšte diferenciálnu diagnostiku možných patologických stavov – *anémia, zápal, nedostatočná zrážanlivosť krvi* a i.

KRVNÉ SKUPINY – určovanie AB0 systému, Rh systému

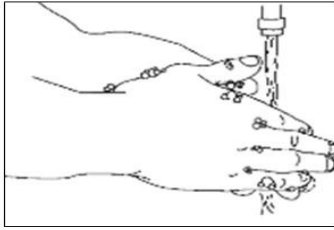
Vyšetrenie krvných systémov (AB0, Rh) patrí medzi základné klinické vyšetrenia v transfuziológii. Prítomnosť jednotlivých antigénov, a teda krvnej skupiny a Rh systému, určujeme na základe *aglutinácie*.

Potrebný materiál:

Set na odber kapilárnej krvi a stanovenie krvných systémov – sterilná ihla, špeciálne sklíčko na hodnotenie prítomnosti/neprítomnosti aglutinácie, špeciálne sangui-testy Anti-A a Anti-B, diagnostické sérum anti-Rh(D), sterilné vatové tampóny, dezinfekčný roztok, ochranné rukavice

Postup:

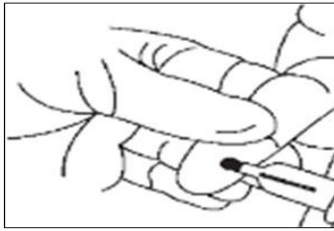
1. Označíme miesta na špeciálnom sklíčku pre diagnostické séra „ANTI-A“, „ANTI-B“, „ANTI-Rh“.
2. Pripravíme a podáme 1 kvapku jednotlivých diagnostických sér na označené miesta špeciálneho sklíčka.
3. Podľa zásad pre odber kapilárnej krvi odoberieme a pridáme 1 kvapku kapilárnej krvi do každého diagnostického séra: anti-A, anti-B, anti-Rh. Odporúčany postup je pridať a premiešať kvapku kapilárnej krvi s diagnostickým sérom vždy použitím čistého rohu mikroskopického sklíčka.
4. Počkáme 3-5 minút na stanovenie prítomnosti/neprítomnosti aglutinácie.
5. Stanovíme prítomnosť/neprítomnosť aglutinácie a určíme krvnú skupinu a Rh faktor. Výsledok je možné overiť mikroskopicky.



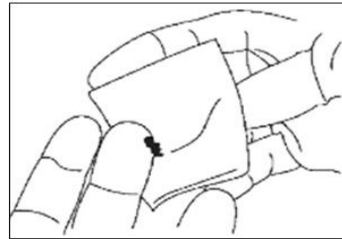
Umytie rúk pred odberom



Dezinfekcia miesta vpichu



Odber kapilárnej krvi



Dezinfekcia po odbere

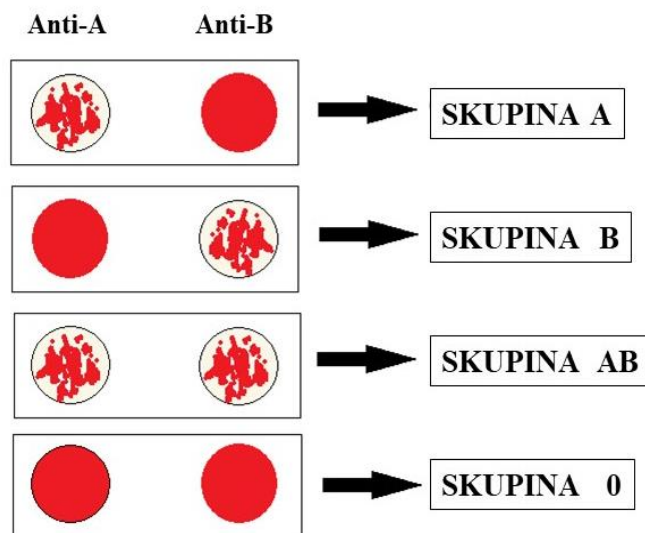
Odber kapilárnej krvi

(upravené podľa zdroja:

https://www.researchgate.net/publication/304005748_Finger_stick_blood_collection_for_gene_expression_profiling_and_storage_of_tempus_blood_RNA_tubes/figures?lo=1)

Výsledková časť

1. Podľa výsledku aglutinácie napíšte Vašu krvnú skupinu a Rh faktor:



(upravené podľa zdroja: <https://laboratorytests.org/reverse-blood-grouping/>)

2. Napíšte percentuálne zastúpenie krvných skupín v skupine študentov.

Kontrolné otázky - časť Fyziológia krvi:

1. *Aké sú fyziologické hodnoty sedimentačnej rýchlosti za 1 hodinu u muža?*
2. *Aké sú fyziologické hodnoty sedimentačnej rýchlosti za 1 hodinu u ženy?*
3. *Čo označujeme pojmom eozinofília?*
4. *Aký je aglutinogén pre krvnú skupinu B?*
5. *Ktorý zo zrážacích faktorov chýba pri hemofilii B?*
6. *Aké je rozdelenie leukocytov?*
7. *Čo rozumieme pod pojmom distribučná leukocytóza?*
8. *Definujte fyziologické/patologické stavy, ktoré vedú k zvýšeniu sedimentačnej rýchlosti erytrocytov.*
9. *Kde sa tvorí protrombín?*
10. *Ktorý vitamín je dôležitý pre zrážanie krvi?*
11. *Vysvetlite Rh inkompatibilitu.*
12. *Aké sú fyziologické hodnoty pre počet leukocytov?*
13. *Aké sú fyziologické hodnoty pre počet erytrocytov u muža a u ženy?*
14. *Aké sú fyziologické hodnoty trombocytov?*
15. *Aké stavy a choroby môžeme odhaliť hemokoagulačným skríningom?*
16. *Pri akých stavoch môže nastať hemokoncentrácia, ktorá vedie ku zvýšeniu hodnoty hematokritu? Čo to znamená pre klinickú prax?*
17. *Je hodnota hematokritu vo všetkých vekových obdobiach – novorodenci, dojčatá, deti, dospelí – rovnaká? Ak nie, prečo?*

2. FYZIOLOGIA KARDIOVASKULÁRNEHO SYSTÉMU

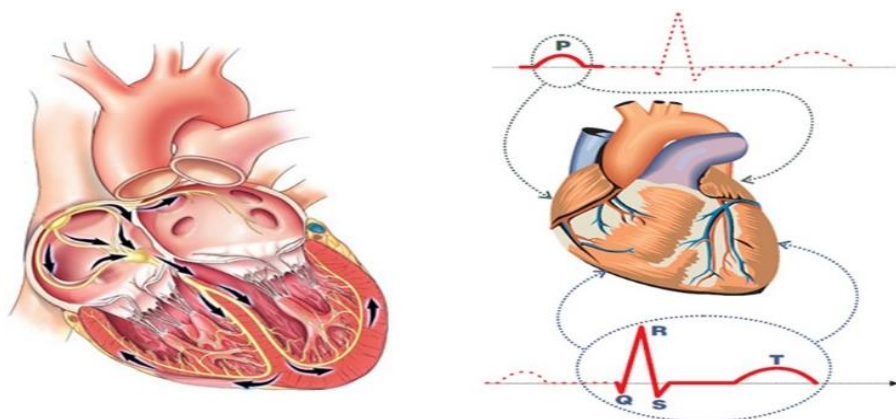
Pojem „*kardiovaskulárny systém*“ označuje integráciu činnosti srdca (kardio-) a ciev (vaskulárny), ktorá je zásadná pre homeostázu organizmu, adaptabilitu a flexibilitu počas pokojových aj záťažových podmienok. V tejto časti sa zameriame na fyziologické a metodologické princípy základných vyšetrovacích metód pre hodnotenie činnosti kardiovaskulárneho systému – *elektrokardiografia* a *meranie tlaku krvi*.

2.1 Elektrokardiografia – fyziologický princíp

Elektrokardiografia (EKG) je základnou vyšetrovacou metódou, ktorá je založená na snímaní zmien elektrického napätia počas srdcového cyklu. Inými slovami, elektrické pole srdca vzniká pri šírení vzruchu v svalovine srdca a možno ho snímať na povrchu tela. Znalosť fyziologických vlastností srdca, akou je *vodivosť* - je základom porozumenia fyziologického princípu EKG.

Poznámka: Medzi fyziologické vlastnosti srdca zaraďujeme aj automatickosť, rytmickosť, dráždivosť a kontraktilitu, ktoré spolu s vodivosťou sú bližšie vysvetlené v učebnici Fyziológia človeka pre nelekárske študijné programy.

Špeciálny prevodový (vodivý) systém tvorí *sinoatriálny uzol* – *vodivé dráhy predsieni* – *atrioventrikulárny uzol* – *Hissov zväzok* – *Tawarove ramienka* – *Purkyňove vlákna*. To znamená, že akčný potenciál za fyziologických okolností vzniká spontánnou depolarizáciou v sinoatriálnom uzle, odtiaľ sa šíri na svalovinu predsieni (*P vlna* na EKG). Pomalé vedenie v atrioventrikulárnom uzle má za následok spomalenie prechodu depolarizácie z predsieni na komory (dôvod: kontrakcia-systola komôr musí nasledovať až po kontrakcii-systole predsieni), čo je označené ako *PQ segment*. Nasleduje depolarizácia komôr, ktorá je vyjadrená *QRS komplexom*. Po skončení depolarizácie je zaznamenaná izoelektrická línia – *ST segment* a následne začína komorová repolarizácia – *T vlna* (obr. 7).



Obr. 7 Šírenie vzruchu prevodovým (vodivým) systémom srdca (obr. vľavo) a jeho znázornenie na EKG krivke (obr. vpravo) (upravené podľa zdroja: <https://www.techmed.sk/srdce-a-ekg/>)

Popis EKG krivky sa hodnotí podľa izoelektrickej línie, pomalších vln (P vlna, T vlna) a rýchlejších kmitov (Q, R, S kmity). Ako *pozitívne vlny/kmity* označujeme tie, ktoré sú nad izoelektrickou líniou, ako *negatívne vlny/kmity* sú označené tie, ktoré sa nachádzajú pod izoelektrickou líniou. Ďalej rozlišujeme *segment* (*ST segment*, *PQ segment*) – vzdialenosť medzi dvoma výkyvmi (t.j. izoelektrická čiara) a *interval* (*PQ interval*, *QT interval*) – doba, ktorá sa skladá z jedného výkyvu a za ním nasledujúceho úseku (t.j. úsek, ktorý obsahuje vlny a/alebo kmity). Fyziologická interpretácia jednotlivých častí EKG krivky (obr. 8) je teda nasledovná (podrobné klinické hodnotenie je uvedené v praktickej časti):

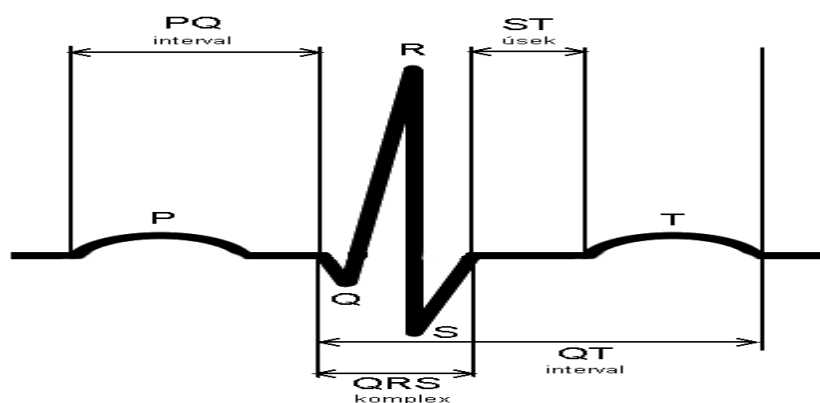
- **P vlna** – depolarizácia predsieňovej svaloviny (cca 0,08 s)
- **PQ (PR) segment** – úsek izoelektrickej čiary medzi koncom P vlny a začiatkom QRS komplexu vyjadrujúci spomalenie šírenia vzruchu v atrioventrikulárnom uzle (cca 0,08 s).

Ak QRS komplex začína Q kmitom, označujeme PQ segment; ak začína R kmitom, označujeme PR segment.

- **PQ (PR) interval** – úsek od začiatku P vlny po začiatok QRS komplexu vyjadrujúci čas od začiatku aktivácie predsiení po začiatok aktivácie komôr (cca 0,16 s)

Ak QRS komplex začína Q kmitom, označujeme PQ interval; ak začína R kmitom, označujeme PR interval.

- **QRS komplex** – úsek od začiatku QRS komplexu po koniec S kmitu vyjadrujúci depolarizáciu komorovej svaloviny (cca 0,1 s)
- **ST segment** – úsek od konca S kmitu po začiatok T vlny vyjadrujúci kompletnú depolarizáciu komôr (cca 0,12 s)
- **T vlna** – úsek od začiatku T vlny po koniec T vlny vyjadrujúci repolarizáciu komorovej svaloviny (cca 0,16 s)
- **QT interval** – úsek od začiatku Q kmitu po koniec T vlny vyjadrujúci celkové trvanie elektrickej aktivity komôr (cca 0,2-0,4 s)



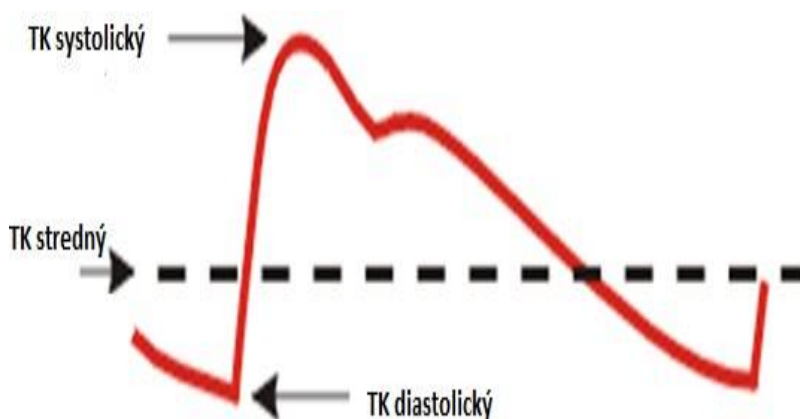
Obr. 8 EKG krivka

(upravené podľa zdroja: <https://www.ozp.cz/popis-ekg-krivky>)

2.2 Tlak krvi

Arteriálny systémový tlak krvi (TK) patrí medzi základné hemodynamické veličiny a je charakterizovaný ako energia srdcovej systoly pôsobiaca ako *laterálny (bočný) tlak na steny ciev*. Z hľadiska medicínskeho je definovaný *systolický tlak krvi* – najvyššia hodnota v systole, *diastolický tlak krvi* – najnižšia hodnota v diastole a *stredný tlak krvi* – priemerná hodnota počas jedného srdcového cyklu (vypočítame ako $\frac{1}{3} \text{TK}_{\text{systolický}} + \frac{2}{3} \text{TK}_{\text{diastolický}}$) (obr. 9). Ako *tlaková amplitúda* sa označuje rozdiel systolického a diastolického tlaku krvi. Medzi *základné faktory*, ktoré ovplyvňujú tlak krvi, patrí: *činnosť srdca* (určená vývrhovým objemom a periférnym odporom), *objem krvi*, *vek*, *pohlavie*, *hmotnosť*, *vonkajší tlak na cievy*, *svalová práca*, *činnosť tráviaceho systému*, *poloha tela*, *stres* a ďalšie.

Je potrebné si uvedomiť, že vplyv veku a pohlavia je výrazný, a preto nie je možné porovnávať normálne hodnoty TK pre dospelých s nameranými hodnotami u novorodencov a v detskom veku. Napríklad v novorodeneckom a detskom veku je TK nižší ako v dospelosti, a preto sa na hodnotenie odchýlok TK od fyziologických hodnôt používajú percentilové tabuľky TK vzhľadom k pohlaviu, veku a výškovému percentilu.



Obr. 9 Grafický záznam arteriálneho pulzu

(upravené podľa zdroja: <https://www.slideshare.net/slideshow/the-arterial-pulse/61089176>)

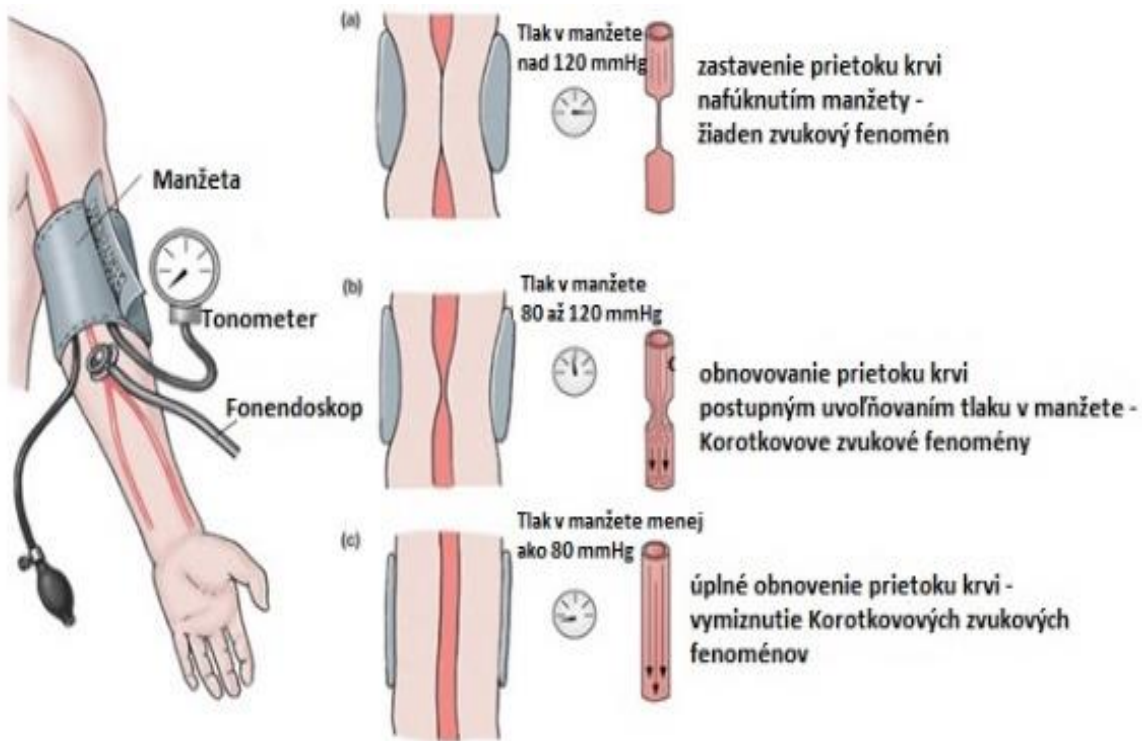
2.2.1 Meranie tlaku krvi

Základné rozdelenie merania tlaku krvi je na *priame a nepriame*. Kým *priame meranie TK* je invazívna metóda, pri ktorej sa snímač merania TK zavádza priamo do artérie, *nepriame meranie TK* patrí medzi bezpečné, spoľahlivé a neinvazívne metódy, ktorých princíp je založený na aplikácii vonkajšieho tlaku v manžete na časť tela (horná končatina, prst) a následného sledovania/hodnotenia zmien prúdenia krvi v cieve. V klinickej praxi sú najčastejšie používané dve metódy merania TK – *auskultačná a oscilometrická*.

Auskultačná metóda:

Auskultačná metóda merania TK je založená na počúvaní (auskultácii) zvukov označovaných ako Korotkovove zvukové fenomény, ktoré vznikajú prúdením krvi cez zúžené miesto cievy. Intenzita zvukových fenoménov závisí od zúženia cievy a množstva pretekajúcej krvi. Metóda je založená na nasledovných princípoch (obr. 10):

- zvýšenie tlaku manžety nad systolickú hodnotu TK spôsobí zúženie cievy, cez ktorú neprúdi krv
- postupné uvoľňovanie tlaku v manžete pod systolický TK vyvolá prúdenie malého množstva krvi cez zúžené miesto, čo možno počuť ako *slabý zvuk súbežný s pulzom* – **1. Korotkovov zvukový fenomén**, ktorý udáva hodnotu **systolického tlaku krvi**
- ďalší pokles tlaku v manžete má za následok obnovovanie prietoku krvi v cieve s následnými zmenami zvukov: *zosilnenie* zvukov, ktoré sa menia na *šeľesty*, následne na *jasné zvuky*, ktoré po prechodnom zosilnení *zoslbnú* – **4. Korotkovov zvukový fenomén**
- obnovenie prietoku krvi v cieve má za následok *vymiznutie zvukov* – **5. Korotkovov zvukový fenomén**, ktorý udáva hodnotu **diastolického tlaku krvi**

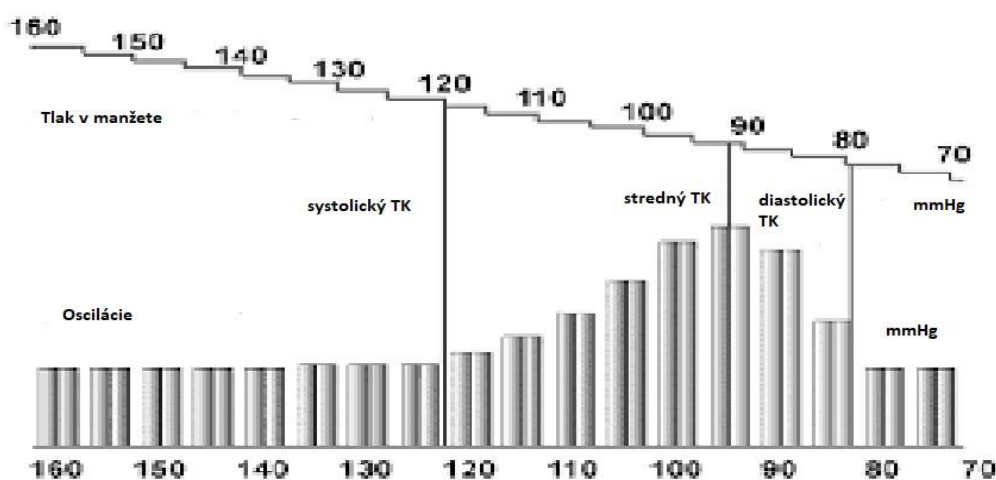


Obr. 10 Auskultačná metóda merania tlaku krvi

(upravené podľa zdroja: <https://quizlet.com/231360007/measuring-blood-pressure-diagram/>)

Oscilometrická metóda

Ďalšou nepriamou metódou merania TK je *oscilometrická metóda*, ktorá je kvôli nenáročnosti a bezpečnosti (pri dôslednom dodržiavaní pokynov pre oscilometrické meranie TK) vhodná na domáce monitorovanie (napríklad pri sledovaní terapie hypertenzie). Princíp tejto metódy je založený na zaznamenávaní *oscilácií tlaku* v manžete elektronickým senzorom, ktoré vznikajú osciláciami prúdenia krvi (obr. 11). Oscilácie s najväčšou amplitúdou určujú *stredný tlak krvi*, hodnoty *systolického a diastolického tlaku krvi* sa určujú nepriamo výpočtom.



Obr. 11 Oscilometrická metóda merania tlaku krvi

(upravené podľa zdroja: <https://belajarsinyaltubuh.blogspot.com/p/oscillometric-method-for-blood-pressure.html>)

Odporúčania pre meranie TK a hodnoty TK u dospelých (podľa Štandardné postupy Ministerstva zdravotníctva: Komplexný manažment dospelého pacienta s artériovou hypertenziou v ambulantnej zdravotnej starostlivosti – 2. revízia, 2023):

1. Pacienti by mali sedieť minimálne 5 minút v pokoji pred meraním tlaku krvi.
2. Odporúčané sú 3 merania TK v odstupe 1 – 2 minúty. Zaznamenáva sa hodnota, ktorá je priemerom z posledných dvoch meraní. Ak sa prvé dve merania TK odlišujú viac ako 10 mmHg, meranie sa opakuje viac ako trikrát.
3. Manžeta tlakomera má byť štandardná pre dospelý vek (dĺžka 12-13 cm, šírka 35 cm).
4. Manžeta tlakomera má byť na úrovni srdca, chrbát a rameno podopreté.
5. Pri auskultačnej metóde 1. Korotkovov fenomén je hodnotou pre systolický tlak krvi, 5. Korotkovov fenomén pre diastolický tlak krvi.
6. U pacientov s normálnym TK (120-129/80-84 mmHg), by sa malo opakovať meranie TK minimálne každé 3 roky.

	Systolický tlak krvi (mmHg)		Diastolický tlak krvi (mmHg)
optimálny	menej ako 120	a	menej ako 80
normálny	120 - 129	a/alebo	80 - 84
vyšší normálny	130 - 139	a/alebo	85 - 89
hypertenzia 1. stupňa	140 - 159	a/alebo	90 - 99
hypertenzia 2. stupňa	160 – 179	a/alebo	100 - 109
hypertenzia 3. stupňa	nad 180	a/alebo	nad 110

Tab. 1 Hodnoty systolického a diastolického tlaku krvi pre dospelú populáciu

	STK (mmHg)	DTK (mmHg)	STK (mmHg)	DTK (mmHg)	STK (mmHg)	DTK (mmHg)
	v ambulancii lekára	v ambulancii lekára	v domácom prostredí	v domácom prostredí	ABPM	ABPM
normálny	< 120	<70	<120	<70	<115	<65
hypertenzia	≥140	≥90	≥135	≥85	≥130	≥80

Tab. 2 Hodnoty systolického tlaku krvi (STK) a diastolického tlaku krvi (DTK) pre dospelú populáciu meraných v ambulancii lekára, domácom prostredí a 24-hodinovým monitorovaním (ABPM) (podľa zdroja: *ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension, 2024*)

Odporúčania pre meranie TK v detskom veku (podľa Štandardné postupy Ministerstva zdravotníctva: Primárna artériová hypertenzia v detskom veku, 2021):

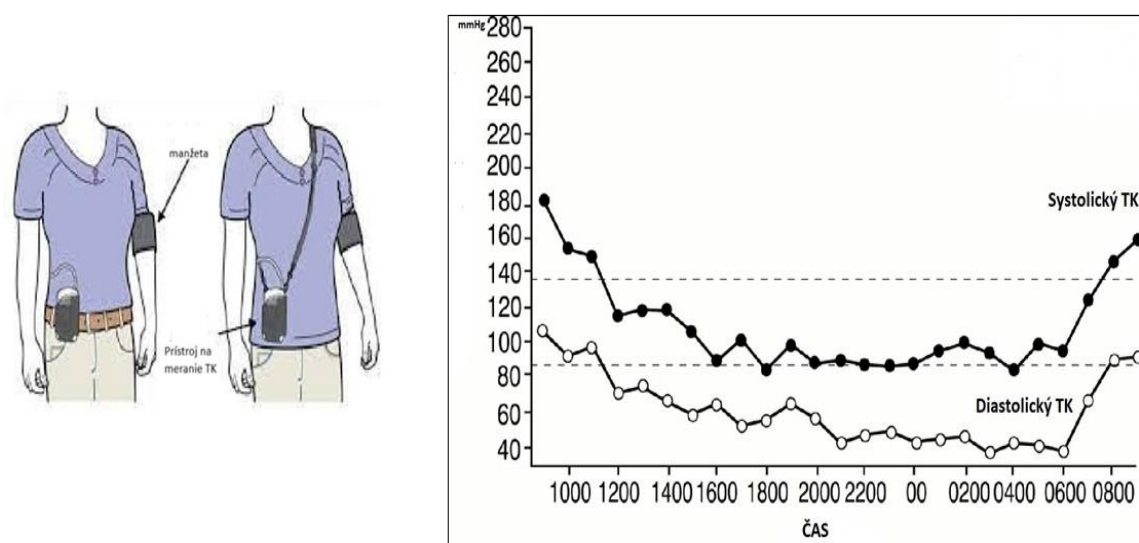
1. Pred meraním má byť dieťa v pokoji aspoň 3 - 5 minút.
2. Šírka gumovej nafukovacej časti manžety má byť približne 40 % obvodu ramena. Minimálnu šírku nafukovacej vložky môžeme určiť, ak obvod končatiny v cm vynásobíme číslom 0,382.
3. Meranie TK sa má robiť trikrát s trojminútovým intervalom medzi meraniami. Z výsledkov meraní sa vypočíta aritmetický priemer, odporúča sa auskultačná metóda.
4. Za hodnotu systolického krvného tlaku je považovaný prvý Korotkovov fenomén, za hodnotu diastolického tlaku je považovaný piaty Korotkovov fenomén.
5. Pri oscilometrickej metóde je potrebné, aby bol prístroj pravidelne validovaný.

6. Zistené hodnoty arteriálnej hypertenzie namerané oscilometrickou metódou je potrebné potvrdiť auskultačnou metódou.
7. Meranie TK by malo byť súčasťou vyšetrenia aspoň jedenkrát za rok v priebehu celého detstva. Vstupné meranie má byť vo veku 3 rokov.
8. U mladších detí je potrebné merať TK vždy, keď je riziko zvýšenia TK (novorodenci na JIS, vrodené chyby srdca, ochorenia obličiek, podávanie liekov ovplyvňujúcich TK).
9. Pri prvom vyšetrení sa má tlak krvi merať na ramenách oboch končatín. V prípade namerania rozdielnych hodnôt, meriame TK na ramene s vyššou hodnotou. Pri opakovanom meraní sa má používať stále to isté rameno.
10. Hodnoty TK porovnávame s percentilovými grafmi podľa veku a výškového percentilu.

Iné metódy merania TK

Z hľadiska diagnostiky, závažnosti a diferenciálnej diagnostiky hypertenzie a ďalších ochorení (napr. kolapsové stavy) je v klinickej praxi nevyhnutné 24-hodinové monitorovanie tlaku krvi, tzv. *ambulatory blood pressure monitoring* – ABPM (obr. 12). ABPM má viacero výhod oproti iným metódam merania tlaku krvi:

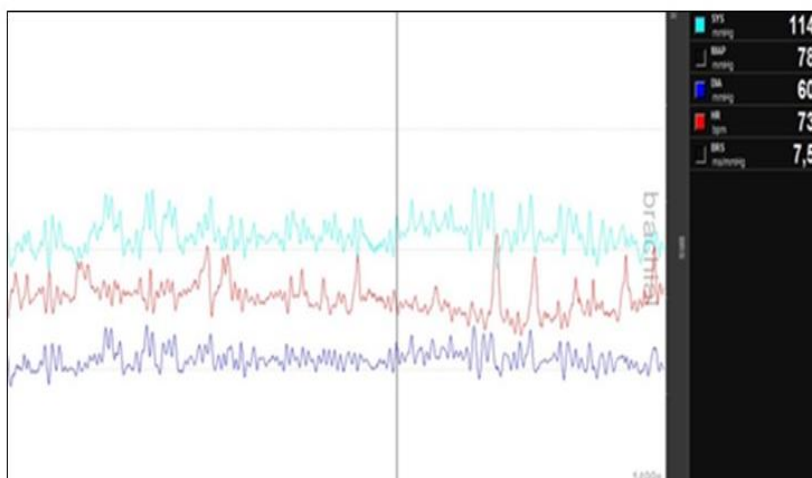
- poskytuje informácie o zmenách TK počas dňa a noci (typické je zníženie TK v nočných hodinách cca o 10-15 % oproti denným hodinám)
- meranie sa uskutočňuje počas bežných a každodenných podmienok pacienta
- súčasťou je písanie aktivít počas 24-hodinového monitorovania do špeciálneho denníka



Obr. 12 ABPM prístroj (obr. vľavo) a záznam monitorovania tlaku krvi (obr. vpravo)
(upravené podľa zdroja: https://www.heartwest.com.au/shw_services/bloodpressuremonitoring24hours/)

Ďalšou možnosťou je kontinuálne „beat-to-beat“ meranie tlaku krvi, ktoré v súčasnosti reprezentuje najpresnejšiu neinvazívnu metódu merania tlaku. Princípom je tzv. *volume-clamp* metóda, ktorá je založená na meraní arteriálneho tlaku v prste pomocou prstovej (pletyzmografickej) manžetky a nafukovateľným vnútrom v kombinácii s infračerveným pletyzmografom. Infračervené svetlo je absorbované krvou a pulzácie priemeru artérie vplyvom intraarteriálneho tlaku spôsobujú pulzácie v signáli z detektoru svetla, čo umožňuje presné meranie hodnôt systolického a diastolického tlaku krvi pre každý úder srdca – tzv. zmeny „od úderu k úderu“ (obr. 13).

Kontinuálne meranie TK sa využíva na čo najpresnejšiu diagnostiku diskrétnych a klinicky asymptomatických odchýlok TK v pokoji, ako aj počas záťažových situácií. Využitie kontinuálneho monitorovania TK v bežnej klinickej praxi je však limitované finančnou náročnosťou.



Obr. 13 Snímanie tlaku krvi pletyzmografickou manžetou (obr. vľavo) a výsledný záznam kontinuálneho merania tlaku krvi (obr. vpravo). Tyrkysová krivka – systolický tlak krvi, hnedá krivka – diastolický tlak krvi, modrá krivka – frekvencia srdca (vlastný zdroj)

2.3 SEMINÁRNA ČASŤ

Ošetrovatel'stvo:

Fyziologické odlišnosti špeciálneho prevodového (vodivého) systému a pracovného myokardu.
Tlak krvi v jednotlivých vekových obdobiach – od prenatálneho obdobia až po obdobie staroby.

Verejné zdravotníctvo:

Zmeny tlaku krvi na stres.

Odporúčania pre prevenciu kardiovaskulárnych ochorení.

Pôrodná asistencia:

Fetálny krvný obeh a adaptácia kardiovaskulárneho/dýchacieho systému po narodení.

Hypertenzia v tehotenstve.

2.4 PRAKTICKÁ ČASŤ

EKG KRIVKA – hodnotenie fyziologického záznamu

Na snímanie elektrických potenciálov sa najčastejšie používajú nasledovné zvody: *končatinové bipolárne zvody*– I, II, III, *končatinové unipolárne zvody zväčšené* – aVR, aVL, aVF, *hrudné unipolárne zvody* – V₁ -V₆. Umiestnenie jednotlivých zvodov je nasledovné:

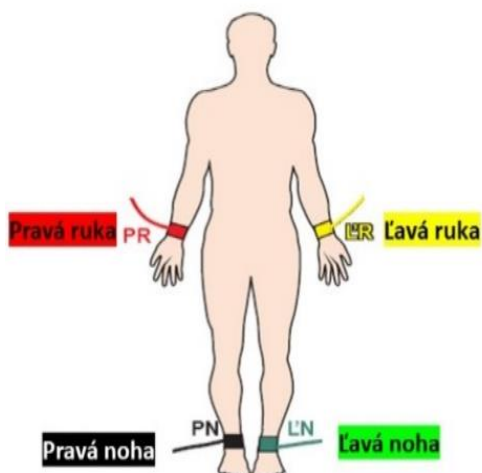
Končatinové zvody:

- *žltý zvod* – ľavá ruka
- *červený zvod* – pravá ruka
- *zelený zvod* – ľavá noha
- *čierny zvod* – pravá noha

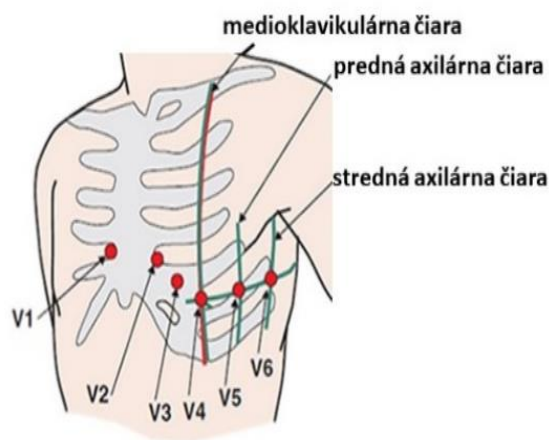
Hrudné zvody:

- V₁ – 4. medzirebrie parasternálne vpravo
- V₂ – 4. medzirebrie parasternálne vľavo
- V₃ – medzi V₂ a V₄
- V₄ – 5. medzirebrie, medioklavikulárna čiara vľavo
- V₅ – 5. medzirebrie, predná axilárna čiara vľavo
- V₆ – 5. medzirebrie, stredná axilárna čiara vľavo

KONČATINOVÉ ZVODY



HRUDNÉ ZVODY



(upravené podľa zdroja: <https://www.cablesandsensors.eu/pages/12-lead-ecg-placement-guide-with-illustrations>)

Základné hodnotenie EKG záznamu spočíva v nasledovných krokoch:

- **Rytmus** – sínusový, nesínusový

Sínusový rytmus znamená, že elektrický impulz vychádza zo sinoatriálneho uzla, čo určuje prítomnosť P vlny s rovnakou morfológiou aspoň v jednom zvođe a nachádza sa pred každým normálnym QRS komplexom

- **Frekvencia srdca (FS)** – normálna FS, bradykardia, tachykardia

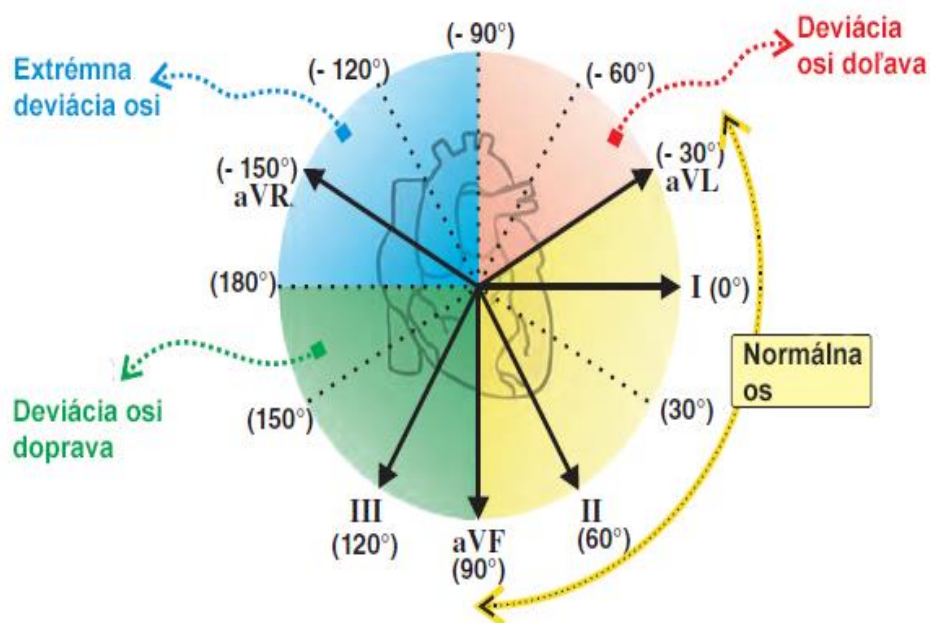
Normálna FS (pre dospelých) je približne 72 úderov/min (60 – 90 úderov za minútu); *bradykardia* – nižšia hodnota FS (pod 50 úderov za minútu), *tachykardia* – vyššia hodnota (nad 100 úderov za minútu)

- **Určenie prevodových časov a trvania**

PQ interval, QRS komplex, QT interval, P vlna, T vlna, ST segment

- **Elektrická os srdca** – normotyp, ľavotyp, pravotyp

normotyp od -30° - $+90^{\circ}$, *ľavotyp* – deviácia elektrickej osi doľava (nad -30°), *pravotyp* – deviácia elektrickej osi doprava (nad 90°)



(upravené podľa zdroja: <https://www.techmed.sk/urcenie-elektrickej-osi-srdca/>)

Potrebný materiál:

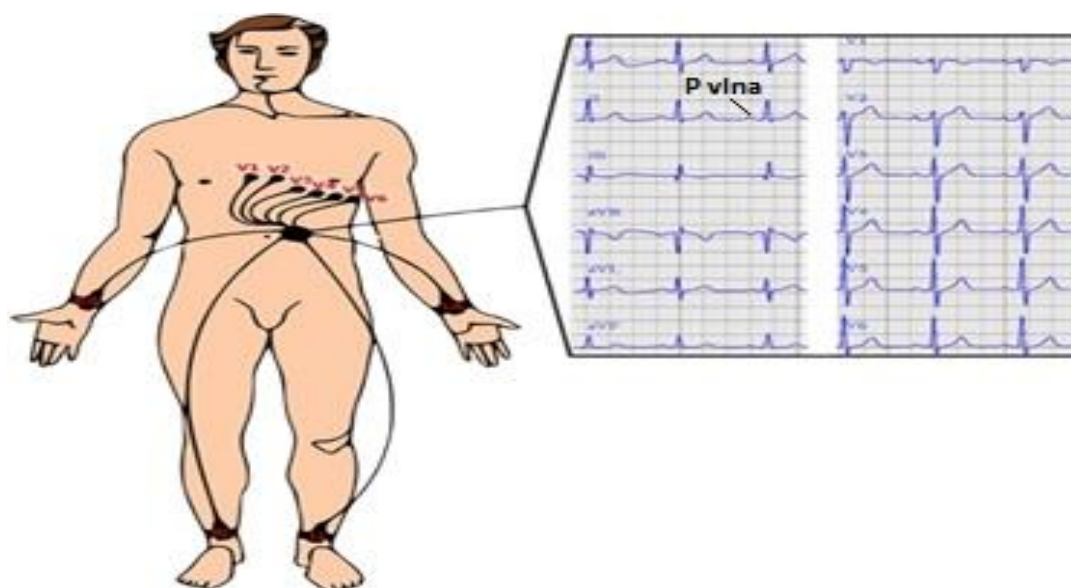
Elektrokardiografický prístroj, ležadlo, EKG špeciálny gél, papierová vata, pravítko (možnosť použitia EKG pravítka), EKG záznam

Postup:

1. *Vyšetrovaného uložíme na ležadlo a upokojíme. Hodinky, retiazky a iné kovové predmety odložíme.*
2. *EKG špeciálny gél aplikujeme na elektródy s následnou fixáciou na končatiny a hrudník.*
3. *Urobíme záznam EKG krivky s následnou analýzou:*

3a) Rytmus:

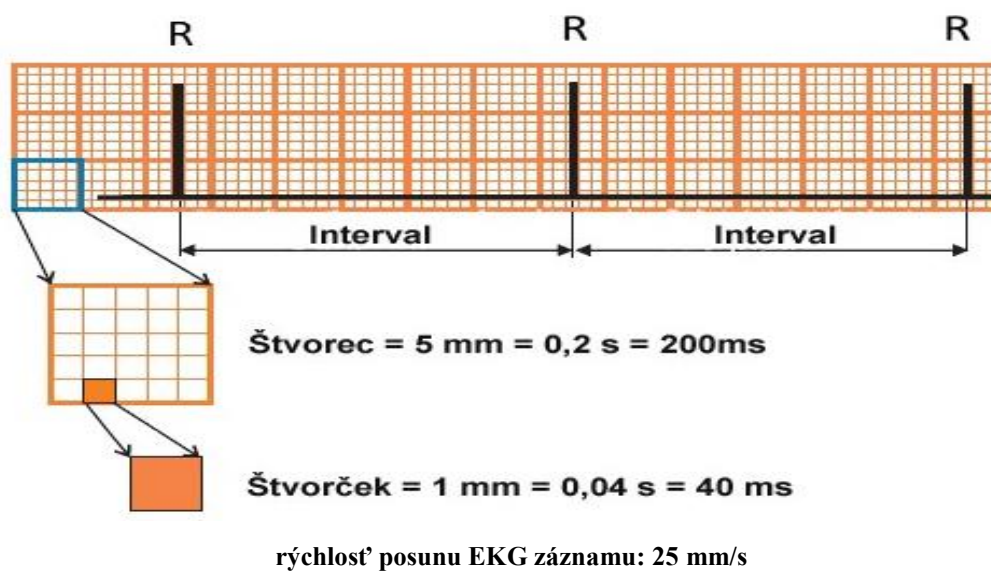
Na EKG zázname identifikujeme pozitívnu P vlnu pred normálnou konfiguráciou QRS komplexu (najčastejšie vo zvide II).



(upravené podľa zdroja: <https://www.techmed.sk/ekg-elektrody-a-ekg-zvody/>)

3b) Frekvencia srdca (FS):

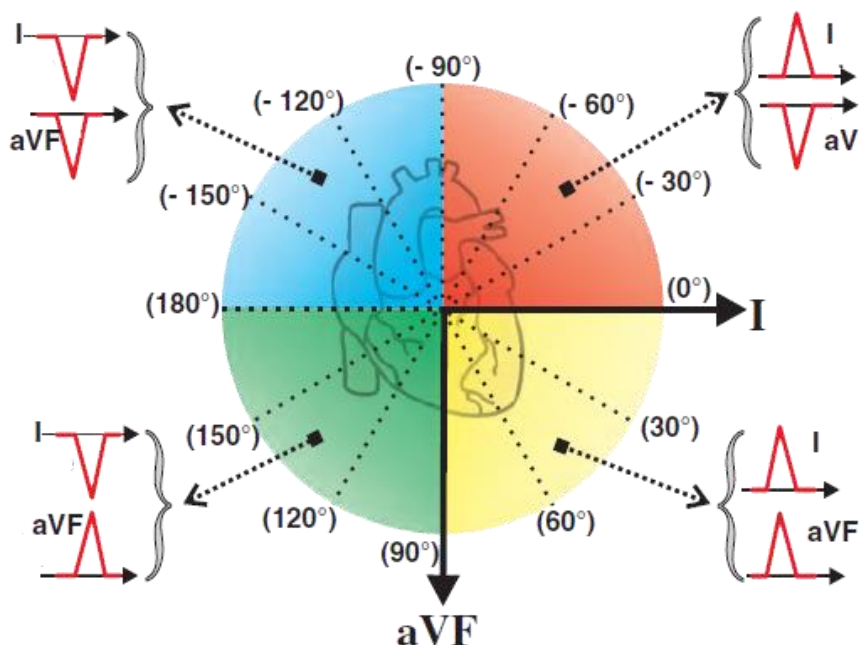
FS možno vypočítať viacerými spôsobmi – z jedného RR intervalu (okamžitá FS): $FS = 60 / RR$ interval (s), z vybraného úseku RR intervalov: $FS = 300 / \text{počet štvorcov RR intervalu}$.



(upravené podľa zdroja: <https://www.techmed.sk/frekvencia-srdca-na-ekg/>)

3c) Elektrická os:

Elektrickú os orientačne určíme na základe veľkosti a smeru kmitov QRS komplexu (R kmit) v končatinových zvodoch.



(upravené podľa zdroja: <https://www.techmed.sk/urcenie-elektrickej-osi-srdca/>)

3d) Prevodové časy a trvanie – PQ interval, QRS komplex, QT interval, P vlna, T vlna, ST segment:

Jednotlivé časové trvania určíme pomocou odmeraného úseku v milimetroch a následného prepočtu na sekundy (1 mm = 0,04 s pri rýchlosti EKG záznamu 25mm/s).

Príklad výpočtu dĺžky QT intervalu:



(upravené podľa zdroja: <https://www.techmed.sk/vlny-kmity-intervaly-segmenty-na-ekg/>)

1. Na zvide EKG si označíme začiatok a koniec intervalu/segmentu (napr. QT interval na našom obrázku EKG záznamu – zvod II).
2. Spočítame počet malých štvorčekov v danom úseku (v našom prípade je 10 malých štvorčekov).
3. Vieme, že pri posune papiera 25 mm/s označuje jeden milimeter 0,04 sekundy.
4. 1 malý štvorček = 1 mm; 1 mm = 0,04 sekundy.
5. Vypočítame QT interval: 10 mm (naš nameraný QT interval) \times 0,04 s = 0,4 s.
6. Zhodnotíme: QT interval je v norme (0,2 – 0,4 s).

Výsledková časť:

1. Analýzu EKG krivky zapíšete do tabuľky.
2. Urobte diagnostický záver.

rytmus (sínusový, nesínusový)	
frekvencia srdca (normálna, bradykardia, tachykardia)	
elektrická os (normotyp, ľavotyp, pravotyp)	
trvanie: PQ interval	
QRS komplex	
QT interval	
P vlna	
T vlna	
ST segment	

Diagnostický záver

1. Na základe hodnotenia EKG krivky diagnostikujte možné patologické zmeny na EKG – nesínusový rytmus, bradykardia, tachykardia, ľavotyp, pravotyp, zmeny v trvaní segmentov a intervalov.

TLAK KRVÍ – meranie auskultačnou a oscilometrickou metódou

Auskultačná metóda

Potrebný materiál:

Tonometer, fonendoskop

Postup:

1. *Vyšetrovaného oboznámime s vyšetrením a upokojíme. Minimálne 30 minút pred meraním sa neodporúča fajčiť, piť, jesť a vykonávať fyzickú aktivitu.*
2. *Horná končatina pre meranie TK musí byť obnažená a bez tesniaceho odevu, položená na úrovni srdca.*
3. *Manžetu pre meranie TK, ktorá je súčasťou tonometra, ovinieme okolo ramena nad fossa cubiti (TK meriame v a. brachialis).*
4. *Nahmatáme pulz na a. radialis a nafúkame manžetu na vyšší tlak, ako je systolická hodnota TK (t.j. nad hodnotu, pri ktorej vymizne pulz na a. radialis)*
5. *Fonendoskop priložíme pod dolný okraj manžety a začneme uvoľňovať tlak v manžete.*
6. *Na základe auskultácie zvukových Korotkovových fenoménov určíme hodnotu systolického a diastolického tlaku krvi.*
7. *Zapíšeme dané hodnoty.*

Oscilometrická metóda

Potrebný materiál:

Elektronický digitálny tlakomer

Postup:

1. *Vyšetrovaného oboznámime s vyšetrením a upokojíme. Minimálne 30 minút pred meraním sa neodporúča fajčiť, piť, jesť a vykonávať fyzickú aktivitu.*
2. *Horná končatina pre meranie TK musí byť obnažená a bez tesniaceho odevu, položená na úrovni srdca.*
3. *Manžetu pre meranie TK, ktorá je súčasťou tonometra, ovinieme okolo ramena nad fossa cubiti.*

4. Automatické meranie elektronickým digitálnym tlakomerom – hodnota systolického TK, diastolického TK a frekvencie srdca.

5. Zapišeme dané hodnoty.

Výsledková časť

1. Výsledky merania tlaku pre obidve metódy zapíšte do tabuľky.
2. Vypočítajte stredný tlak krvi a tlakovú amplitúdu.
3. Uveďte hodnotu frekvencie srdca pri oscilometrickej metóde.
4. Urobte diagnostický záver.

	AUSKULTAČNÁ METÓDA	OSCILOMETRICKÁ METÓDA
systolický TK (mmHg)		
diastolický TK (mmHg)		
frekvencia srdca (bpm)		
tlaková amplitúda		
stredný tlak krvi		

Diagnostický záver

1. Diagnostikujte odchýlky nameraných hodnôt tlaku krvi – normotenzia, hypertenzia, hypotenzia.
2. Definujte možné faktory, ktoré viedli k odchýlkam hodnôt tlaku krvi – vplyv stresu, dodržanie štandardných podmienok merania tlaku krvi a pod.

Kontrolné otázky – časť Fyziológia kardiovaskulárneho systému:

1. *Definujte systolický a diastolický tlak krvi.*
2. *Čo je stredný arteriálny tlak krvi a ako ho vypočítame?*
3. *Čo vyjadruje na EKG krivke P-vlna?*
4. *Ako je signalizovaný systolický tlak krvi pri auskultačnej metóde merania tlaku krvi?*
5. *Aký je princíp oscilometrickej metódy pre meranie tlaku krvi?*
6. *Aká je normálna hodnota systolického a diastolického tlaku krvi pre dospelých a kedy hovoríme o hypertenzii?*
7. *Definujte tlakovú amplitúdu.*
8. *Čo je vyjadrením repolarizácie komôr na EKG krivke?*
9. *Aká je normálna frekvencia srdca pre dospelý vek?*
10. *Definujte srdcový cyklus.*
11. *Čo je venózný návrat a aké sú mechanizmy venózneho návratu?*
12. *Z hľadiska diagnostiky stavu ciev sa určuje aj parameter elasticity ciev. Aký význam má elasticita ciev pre tlak krvi?*
13. *Aká je normálna hodnota systolického objemu?*
14. *Ako je charakterizovaná hypertenzia bieleho plášťa?*
15. *Aké sú hodnoty tlaku krvi a frekvencie srdca pre novorodenecký vek?*

3. FYZIOLOGIA DÝCHACIEHO SYSTÉMU

Základnou funkciou dýchacieho systému je *dýchanie* – súbor procesov, ktoré slúžia na výmenu dýchacích plynov - kyslíka a oxidu uhličitého - medzi organizmom a vonkajším prostredím. Základné rozdelenie dýchania je na *vonkajšie dýchanie* a *vnútorné dýchanie*. Kým *vonkajšie dýchanie* označuje výmenu dýchacích plynov medzi vonkajším prostredím, pľúcnyimi alveolami a krvou v pľúcnom riečisku, výmena dýchacích plynov medzi krvou, intersticiálnou tekutinou a bunkami sa označuje ako *vnútorné dýchanie*.

3.1 Spirografia – fyziologický princíp

Spirografické vyšetrenie patrí medzi základné vyšetrenie dýchacieho systému, pri ktorom sa merajú a zaznamenávajú ventilačné parametre – statické parametre, dynamické parametre, parametre krivky úsilného výdychu a parametre krivky „objem-prietok“. Medzi **statické parametre** patria *objemy a capacity* (obr. 14):

Dychový objem (*tidal volume*, V_t) je definovaný ako objem vzduchu, ktorý sa vdýchne a vydýchne pri pokojnom inspiriu a expiriu. Hodnota u dospelého človeka je približne 500 ml.

Inspiračný rezervný objem (IRV) je definovaný ako objem vzduchu, ktorý po pokojovom vdychu je možné ešte maximálne vdýchnuť. Hodnota u dospelého človeka je cca 2,5 l.

Expiračný rezervný objem (IRV) je definovaný ako objem vzduchu, ktorý po pokojovom výdychu je možné ešte maximálne vydýchnuť. Hodnota u dospelého človeka je cca jeden liter.

Reziduálny objem (RV) je objem vzduchu, ktorý zostane v pľúcach po maximálnom výdychu. *Nedá sa zmerať spirografickým vyšetrením.* Hodnota u dospelého človeka je približne 1 - 2 l a pozostáva z kolapsového objemu vzduchu a minimálneho objemu vzduchu.

Capacity pľúc označujú súčet viacerých objemov dohromady:

Vitálna kapacita (VC) označuje najväčší objem vzduchu, ktorý sa dá vydýchnuť maximálnym úsilím po maximálnom nádychu a je súčtom expiračného rezervného objemu, inspiračného rezervného objemu a dychového objemu.

Inspiračná kapacita (IC) označuje súčet dychového objemu (V_t) a inspiračného rezervného objemu (IRV). Inými slovami, IC je objem vzduchu, ktorý je možné maximálne nadýchnuť po pokojovom výdychu.

Expiračná kapacita (EC) označuje súčet dychového objemu (V_t) a expiračného rezervného objemu (ERV). Inak povedané, EC je objem vzduchu, ktorý je možné maximálne vydýchnuť po pokojovom nádychu.

Funkčnú reziduálnu kapacitu (FRC) tvorí súčet reziduálneho objemu (RV) a expiračného rezervného objemu (ERV), t.j. objem vzduchu, ktorý zostáva v pľúcach na konci pokojového výdychu.

Celková kapacita pľúc (TLC) je vyjadrením súčtu všetkých objemov.

Medzi *dynamické parametre* patrí:

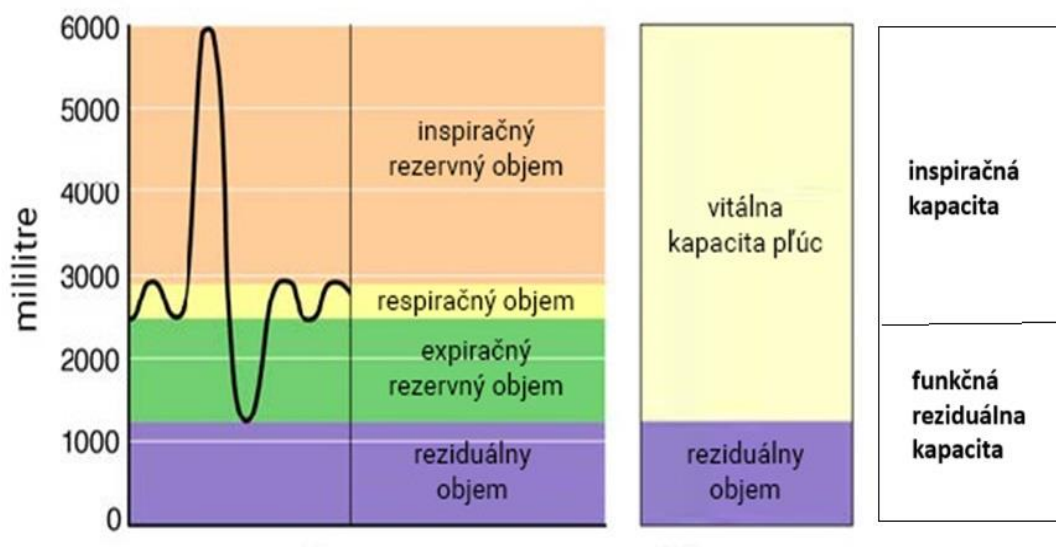
Dychová frekvencia (f.d.) – počet dychov za minútu, normálna hodnota u dospelého človeka je 10 - 18 dychov za minútu v pokoji.

Minútová ventilácia (MV) – objem vzduchu preventilovaný za časovú jednotku. Vypočíta sa nasledovne: $MV = V_t \times f.d.$, fyziologické rozmedzie je 5 – 9 l/minútu.

Maximálna vôľová (voluntárna) ventilácia (MMV) – najväčšia možná ventilácia pľúc s maximálnym úsilím za časovú jednotku (zvyčajne 15 – 20 sekúnd). Priemerná hodnota u dospelých ženy je 60 - 120 l/minútu, u dospelého muža 80 – 160 l/minútu.

Dychová rezerva – pomer medzi pokojovou a maximálnou minútovou ventiláciou. Pomer 1:10 indikuje veľmi dobrú dychovú rezervu, zníženie až na 1:5 znamená obmedzenú dychovú rezervu.

Pomer trvania inšpiria (nádychu) a expíria (výdychu) - pri pokojnom dýchaní trvá expírium dlhšie, fyziologické hodnoty sú 1:1,1 až 1:1,5.



Obr. 14 Dychové objemy a kapacity

(upravené podľa zdroja: <https://biopedia.sk/clovek/dychacia-sustava>)

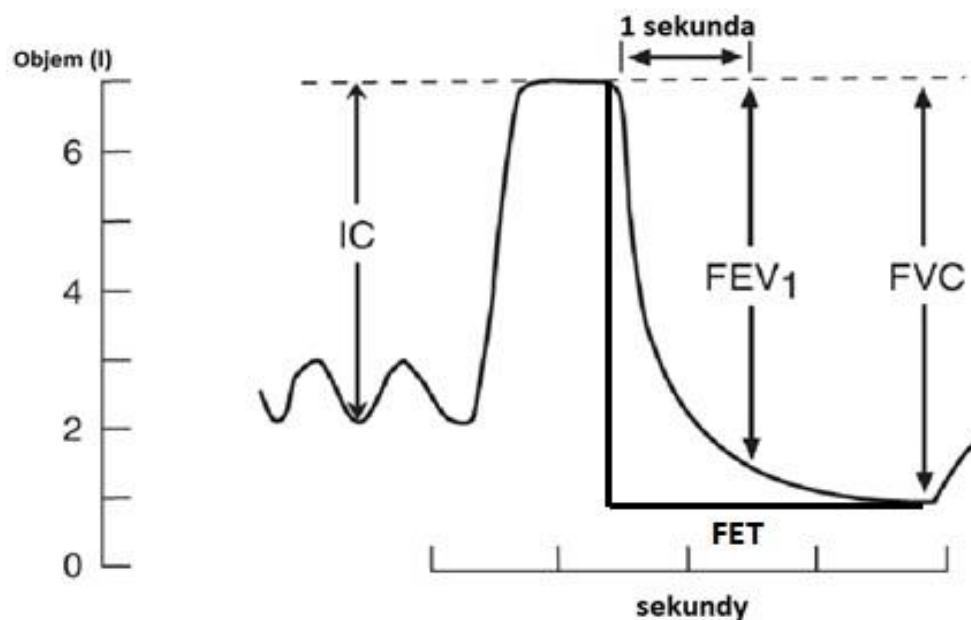
Ďalšou časťou hodnotenia spirografického záznamu sú **parametre úsilného rozpísaného výdychu** vitálnej kapacity, ktoré sú dôležité najmä z pohľadu včasnej diagnostiky obštrukčných/reštrikčných porúch. Medzi základné parametre patrí (obr. 15):

Úsilná vitálna kapacita (*forced vital capacity* – FVC) – objem vzduchu, ktorý je možné po maximálnom nádychu čo najrýchlejšie a s maximálnym úsilím vydýchnuť (*manéver úsilného výdychu*).

Rozpísaný úsilný výdych vitálnej kapacity za jednu sekundu (FEV₁) – objem vzduchu za 1 sekundu, ktorý je vydýchnutý s maximálnym úsilím počas manévru úsilného výdychu.

Percento úsilnej vitálnej kapacity za jednu sekundu (FEV%) – vypočítaný ako pomer FEV₁ a FVC ($FEV\% = FEV_1/FVC$). Za fyziologických okolností by mal vyšetrovaný vydýchnuť za jednu sekundu približne 80 % a viac percent z FVC.

Trvanie úsilného výdychu (*forced expiratory time* – FET) – čas nevyhnutný pre uskutočnenie manévru úsilného výdychu. Normálna hodnota FET pre mladých ľudí je približne $3,8 \pm 1,2$ sekundy.



Obr. 15 Záznam úsilného rozpísaného výdychu vitálnej kapacity, IC – inspiračná kapacita
(upravené podľa zdroja:

https://www.researchgate.net/publication/7510691_Respiratory_function_tests_and_their_application/figures?lo=1)

Krivka „prietok-objem“

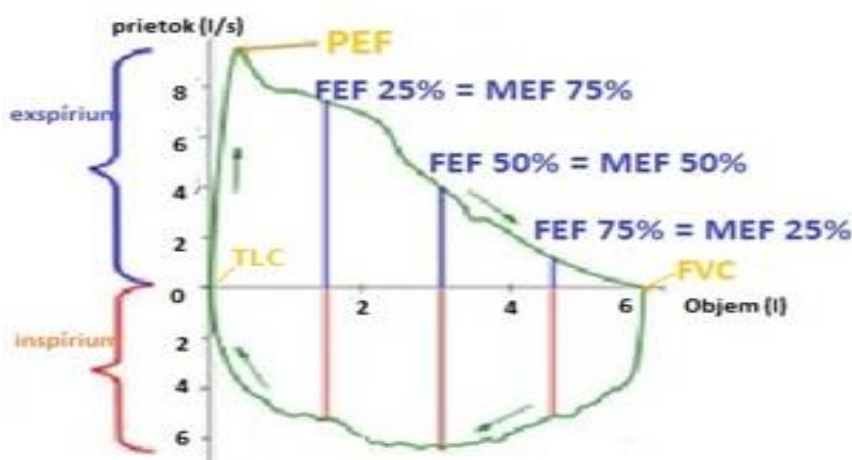
Prietok je definovaný ako prietok vzduchu dýchacími cestami za určitý čas, napr. pri pokojnom dýchaní je 0,5 l/s a pri prudkom kašli môže byť prietok vzduchu dýchacími cestami v expiračnej fáze kašľa až 20 l/s.

Súčasťou spirografického vyšetrenia je **krivka „prietok-objem“**, ktorá sa hodnotí po tzv. manévri úsilného výdychu (opísaný vyššie pri FVC). Krivka „prietok-objem“ sa skladá zo *vzostupnej (ascedentnej) a zostupnej (descendentnej) časti*. *Vzostupná časť* spája začiatok manévru úsilného výdychu (t.j. hodnotu po maximálnom nádychu, ktorá zodpovedá hodnote celkovej kapacity pľúc - TLC) a maximálnu hodnotu prietoku počas úsilného výdychu (PEF – *peak expiratory flow*), ktorá sa za fyziologických podmienok dosiahne v priebehu prvých 150 ms úsilného výdychu. Tvar tejto časti *krivky „prietok-objem“* závisí od expiračného úsilia, sily a rýchlosti kontrakcie expiračných svalov, elastického odporu pľúc a *od funkcie veľkých dýchacích ciest*. *Zostupná časť* spája hodnotu PEF a hodnotu reziduálneho objemu. Tvar tejto časti závisí najmä od *odporu malých a stredných dýchacích ciest*, elastického odporu pľúc a je relatívne nezávislá od sily výdychu. Zmeny zostupnej časti krivky sú dôležité pre včasnú diagnostiku patologických stavov, napr. obštrukcie dýchacích ciest. Medzi základné parametre krivky „prietok-objem“ patrí (obr. 16):

Maximálna hodnota prietoku (PEF) - *peak expiratory flow*.

Maximálny výdychový prietok (MEF) - *maximal expiratory flow*, t.j. maximálne výdychové prietoky na rôznych úrovniach FVC, ktorú je ešte potrebné vydýchnuť (75 %, 50 % a 25 % FVC).

Úsilný expiračný prietok (FEF) - *forced expiratory flow*, t.j. úsilné expiračné prietoky na rôznych úrovniach už vydýchnutej FVC (25 %, 50 % a 75 %).

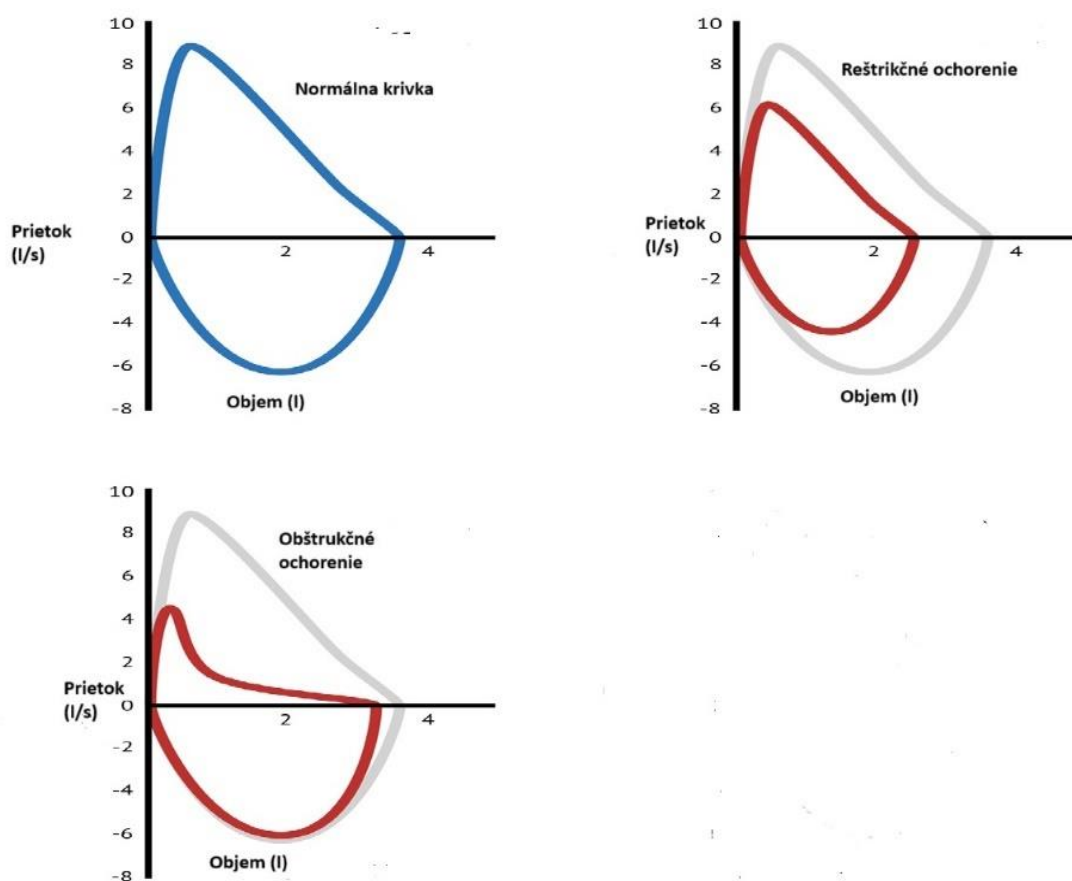


Obr. 16 Krivka „prietok-objem“

(upravené podľa zdroja: <https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Flow-volume-loop.svg>)

Klinická implikácia:

Spirografické vyšetrenie je dôležité pre diagnostiku obštrukčných a reštrikčných porúch. Obštrukčné ochorenia sú charakterizované obštrukciou v dýchacích cestách, čím je limitovaný prietok vzduchu. Príklad *obštrukčného ochorenia* je astma alebo chronická bronchitída. Pri tomto type ochorení je vitálna kapacita v norme (resp. mierne znížená), avšak parameter FEV1 je znížený (krivka „prietok-objem“ má charakteristické zmeny typické pre obštrukciu periférnych dýchacích ciest najmä v zostupnej časti). *Reštrikčné ochorenia* sú definované zníženou pľúcnou poddajnosťou, čo je prejaví zníženou celkovou kapacitou pľúc. Príkladom reštrikčného ochorenia je intersticiálne pľúcne ochorenia. Pri tomto type ochorenia je vitálna kapacita znížená, parameter FEV1 v norme, resp. proporcionálne znížený (obr. 17).



Obr. 17 Krivka „prietok-objem“ za fyziologických a patologických podmienok
(upravené podľa zdroja: <https://medschool.co/tests/lung-function/flow-volume-loops>)

3.2 SEMINÁRNA ČASŤ

Ošetrovatel'stvo:

Základné ochorenia dýchacieho systému diagnostikované na základe spiropgrafického vyšetrenia.

Indikácie a kontraindikácie spiropgrafického vyšetrenia, príprava pacienta na spiropgrafické vyšetrenie.

Verejné zdravotníctvo:

Respiračná hygiena v prevencii ochorení dýchacieho systému.

Životné prostredie a chronická obštrukčná choroba pľúc.

Pôrodná asistencia:

Zmeny parametrov spiropgrafického vyšetrenia u tehotnej ženy.

Ošetrovanie dýchacích ciest u fyziologického a rizikového novorodenca.

Surfaktant – zloženie, funkcia, IRDS.

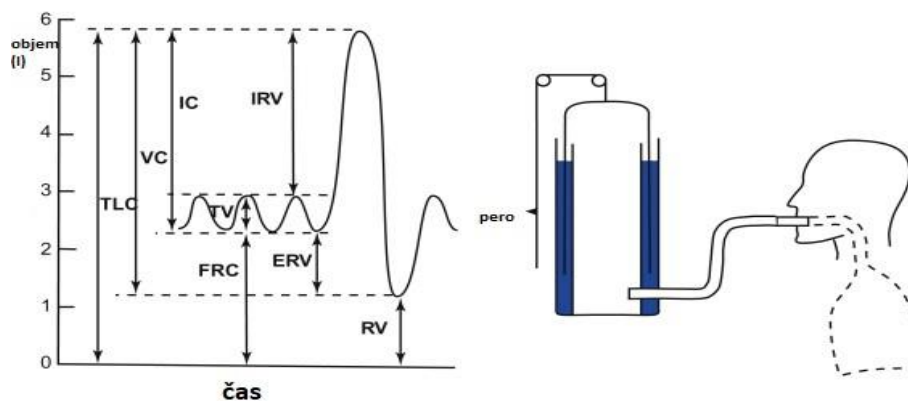
3.3 PRAKTICKÁ ČASŤ

SPIROGRAFICKÉ VYŠETRENIE - hodnotenie fyziologického záznamu

Hodnotenie spiropgrafického záznamu je *manuálne* (analýza spiropgrafického záznamu na základe manuálneho počítania spiropgrafických parametrov) alebo *automatické* (automatická analýza spiropgrafického záznamu použitím počítačového programu), ktoré sa používa v klinickej praxi. Na tomto praktickom cvičení budeme manuálne hodnotiť statické a dynamické parametre vrátane analýzy krivky manévru úsilného výdychu.

Potrebný materiál:

Spiropgrafický záznam, pravítko



(upravené podľa zdroja: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/spirometry>)

Postup:

Začneme kvantitatívnym hodnotením statických a dynamických parametrov, na záver vypočítame parametre krivky úsilného výdychu.

Statické a dynamické parametre:

1. Označíme rýchlosť posunu papiera a objemovú kalibráciu spirografu ($1\text{ cm} = 0,33\text{ litra}$).
2. Označíme inspiračné a expiračné vrcholy pokojového dýchania, spojíme do dvoch rovnobežných kriviek a odmeriame vzdialenosť medzi nimi. Prepočítame na objemovú kalibráciu a získame hodnotu dychového objemu počas pokojového dýchania.

Príklad:

Vzdialenosť medzi krivkami je $1,5\text{ cm}$. Objemová kalibrácia je: $1\text{ cm} = 0,33\text{ l}$. Výsledná hodnota V_t bude: $1,5 \times 0,33 = 0,5\text{ l}$ (po zaokrúhlení).

3. Označíme vrcholy maximálneho a pokojového inspiéria, odmeriame vzdialenosť medzi vrcholmi a prepočítame na objemovú kalibráciu pre získanie hodnoty inspiračného rezervného objemu - IRV. Podobným postupom získame hodnotu expiračného rezervného objemu – ERV.
4. Označíme vrcholy maximálneho inspiéria a pokojového expiéria, odmeriame vzdialenosť medzi vrcholmi a prepočítame na objemovú kalibráciu pre získanie hodnoty IC. Podobným postupom (spojenie vrcholov maximálneho expiéria a pokojového inspiéria) získame hodnotu ďalšieho statického parametra – EC. (Inou možnosťou je spočítanie objemov: $IC = IRV + V_t$, $EC = ERV + V_t$).
5. Vypočítame hodnotu $VC = V_t + IRV + ERV$.
6. Spočítame inspiračné vrcholy pokojového dýchania počas 1 minúty – táto hodnota určuje frekvenciu dýchania.
7. Vypočítame dynamické parametre – minútová ventilácia ($MV = V_t \times f.d.$) a maximálna minútová ventilácia (MMV). Výpočet MMV určíme na základe záznamu rýchleho a maximálneho hlbokého dýchania počas 15 sekúnd: spojíme vrcholy maximálnych nádychov a výdychov, odmeriame vzdialenosť a prepočítame na objemovú kalibráciu pre získanie hodnoty objemu počas MMV. Ďalej spočítame vrcholy nádychov počas 15 sekúnd a vynásobíme číslom 4 pre získanie frekvencie dýchania za minútu počas maximálnej ventilácie. Následne vypočítame hodnotu MMV (podobne ako MV) = objem \times frekvencia dýchania.
8. Výsledky parametrov štandardizujeme na BTPS.

9. Vypočítame ďalšie dynamické parametre - dychová rezerva (pomer minútovej pokojovej a maximálnej ventilácie), trvania inšpiria a expíria.

Krivka úsilného výdychu:

1. Označíme rýchlosť posunu papiera a objemovú kalibráciu spiografu.
2. Označíme začiatok manévru úsilného výdychu (t.j. bod po maximálnom inšpiriu označujúci celkový objem pľúc). Urobíme horizontálnu čiaru (rovnobežnú s osou x) od tohto bodu až po koniec manévru úsilného výdychu.
3. Od bodu označujúceho začiatok manévru úsilného výdychu na horizontálnej čiare odmeriame interval zodpovedajúci jednej sekunde (1. bod) a urobíme vertikálnu krivku z tohto bodu tak, aby sa dotkla krivky úsilného výdychu (2. bod). Vzdialenosť medzi týmito bodmi po prepočítaní na objemovú kalibráciu určuje FEV1 (viď obr. 15 uvedený vyššie).
4. Určíme koniec krivky úsilného výdychu a spojíme tento bod s horizontálnou čiarou (urobenou podľa bodu 2). Odmeriame vzdialenosť, prepočítame na objemovú kalibráciu a získame hodnotu FVC (viď obr. 15).
5. Výsledky parametrov štandardizujeme na BTPS.
6. Určíme trvanie celkového času pre úsilný výdych - FET.
7. Vypočítame percento vitálnej kapacity za prvú sekundu: $FEV\% = FEV1/FVC$.

Výsledková časť

1. Zapište parametre spiografického vyšetrenia do tabuliek.
2. Urobte diagnostický záver.

STATICKÝ PARAMETER	NAMERANÁ HODNOTA	NORMA
Vt (l)		
IRV (l)		
ERV (l)		
IC (l)		
EC (l)		
VC (l)		
DYNAMICKÝ PARAMETER	NAMERANÁ HODNOTA	NORMA
f.d. (dychy/min.)		
MV (l/min)		
MMV (l/min)		
dychová rezerva		
trvanie inšpiria a expíria		

PARAMETER KRIVKY ÚSILNÉHO VÝDYCHU	NAMERANÁ HODNOTA	NORMA
FEV1 (l)		
FVC (l)		
FEV1/FVC (%)		
FET (s)		

Diagnostický záver

1. Hodnoty spirografického vyšetrenia porovnajte s fyziologickými hodnotami.
2. Špecifikujte odchýlky od normy s možnou diagnostikou obštrukčných alebo reštrikčných porúch.

Kontrolné otázky – časť Fyziológia dýchacieho systému:

1. *Aká je základná funkcia dýchacieho systému?*
2. *Čo zaraďujeme medzi statické parametre?*
3. *Čo označujeme pojmom mŕtvy dychový priestor?*
4. *Aká je hodnota dychového objemu u dospelých?*
5. *Aká je frekvencia dýchania v detskom veku v porovnaní s dospelým vekom?*
6. *Aké je zloženie a funkcia surfaktantu? Aký má klinický význam zvlášť u novorodencov?*
7. *Aké parametre používame pri hodnotení krivky úsilného výdychu?*
8. *Čo je FEV1?*
9. *Ako sa mení krivka „prietok-objem“ pri obštrukčných ochoreniach?*
10. *Ako sa mení krivka „prietok-objem“ pri reštrikčných ochoreniach?*
11. *Ako sa označuje sťažené dýchanie?*
12. *Čo označuje reziduálny objem?*
13. *Akú hodnotu má pokojová minútová ventilácia?*
14. *Aké poznáte hlavné dýchacie svaly?*
15. *Čo je poddajnosť pľúc?*
16. *Aká je hodnota frekvencie dýchania u novorodencov, detí a v dospelom veku?*

4. FYZIOLOGIA VÝŽIVY

Príjem potravy, dynamická rovnováha energetického príjmu a výdaja patria medzi základné podmienky fyziologického fungovania všetkých orgánov a systémov v organizme. *Výživné látky* – živiny (podrobnejšie v časti *Princípy správnej výživy*) sú nevyhnutné pre stavbu a rast nových tkanív, ako aj obnovovanie existujúcich tkanív. Dôležitú funkciu plnia z hľadiska poskytnutia energie.

Množstvo energie, ktoré organizmus spotrebuje za určitý čas (napríklad za 24 hodín) sa označuje ako *úroveň metabolizmu* (rýchlosť metabolizmu). *Metabolizmus* sa skladá z dvoch podstatných zložiek – *katabolizmus* a *anabolizmus*. *Katabolické procesy* (napríklad štiepenie bielkovín na aminokyseliny) sú spojené s *uvolňovaním energie* a naopak, *anabolické procesy* (napríklad tvorba bielkovín) vyžadujú prísun energie, ktorú následne spotrebúvajú a sú teda spojené so *spotrebou energie*. *Bazálny metabolizmus* označuje minimálne množstvo energie - energetický výdaj jedinca, ktorý je potrebný na zabezpečenie životne dôležitých dejov (činnosť srdca, dýchacích svalov, obličkových funkcií, gastrointestinálneho traktu, udržanie telesnej teploty a ďalších fyziologických funkcií). *Pracovný metabolizmus* označuje energetický výdaj, ktorý je potrebný na vykonanie určitého výkonu alebo práce.

Civilizačné ochorenia môžu byť aj následkom nesprávneho zloženia potravy, čo vedie k narušeniu energetickej dynamickej rovnováhy v kontexte zvýšeného energetického príjmu a nedostatočného energetického výdaja a následne k poruchám výživy – *nadváha* a *obezita* predstavujúce riziko pre ďalšie ochorenia (vysoký krvný tlak, metabolický syndróm a pod.). Opačný pól tvorí *podvýživa* – dynamická rovnováha sa mení smerom k nedostatočnému príjmu výživných látok, ktorý môže (ale nemusí) byť spojený aj so zvýšeným výdajom. *Podvýživa* je život ohrozujúce ochorenie, ktoré sa zo začiatku prejavuje zmenami na vlasoch, nechtoch, koži, slizniciach a postupne môže prechádzať až do metabolického rozvratu končiaceho smrťou.

Osobitnou otázkou sú *psychogénne faktory* vedúce k poruchám príjmu potravy, ako je *mentálna anorexia*, *bulímia* či *psychogénne podmienená obezita*. Závažnosť týchto ochorení potvrdzuje aj neustály nárast, napríklad mentálna anorexia, ktorá je spojená s podvýživou, priamo ohrozuje život komplikáciami ako metabolický rozvrat a kardiologické komplikácie. Dlhodobá podvýživa však môže mať nezvratné somatické dôsledky - u detí a adolescentov spôsobuje nedostatočný rast, oneskorenú pubertu, spojenú so stratou menštruácie u dievčat. Poruchy príjmu potravy sú spojené s ťažkými psychickými stavmi v emočnej a kognitívnej oblasti, ako je depresívna a/alebo anxiózna (úzkostná) porucha. Terapia takýchto ochorení musí byť

komplexná a zahrňovať kroky smerujúce na stabilizáciu primeranej hmotnosti, úpravu stravovacích návykov vo vzťahu k svojmu telu a prežívaniu.

Je však nutné podotknúť, že krátkodobé obmedzenie príjmu živín môže byť kompenzované čerpaním zásob energetických látok, t.j. glykogénu a tukov. Avšak, dlhodobé hladovanie má za následok chorobné stavy a môže viesť až k smrti.

4.1 Racionálna výživa – *princípy, poruchy výživy*

Z hľadiska fyziologického je potrebné poznať *zásady zdravej výživy*, ktorá by personalizovane spĺňala nároky organizmu. *Živiny* sú látky, ktoré sú nevyhnutné pre stavbu, regeneráciu a funkciu organizmu. Medzi živiny patria *bielkoviny, tuky, sacharidy, vitamíny, minerálne látky a stopové prvky*. Hlavnou funkciou *sacharidov* je poskytovať organizmu energiu (17,1 kJ/g), *tuky* predstavujú živiny s najvyššou energetickou hodnotou (38,9 kJ/g) a *bielkoviny* sú hlavnou stavebnou zložkou organizmu s energetickou hodnotou 17,1 kJ/g. *Racionálna výživa* označuje výživu, ktorá je dostatočná na uspokojenie nárokov organizmu na energiu a zároveň poskytuje všetky dôležité látky pre biologické potreby organizmu s ohľadom na vek, pohlavie, spôsob a požiadavky životného štýlu. Základné zásady racionálnej výživy spočívajú v striedmosti v jedení, vyváženosti živín, pravidelnosti, pestrości stravy a zodpovedajúcemu príjmu tekutín.

Odporúčané výživové dávky sú nasledovné: **10 % bielkovín, 26 % tukov, 64 % cukrov.** ***Rozloženie príjmu potravy*** v priebehu dňa sa odporúča – **raňajky: 25-35 %, desiata: 5 %, obed: 25-35 %, olovrant: 5 %, večera: 25-30 %.**

Na optimalizáciu racionálnej výživy sa odporúčajú jednotlivé denné príjmy pre živiny:

- *bielkoviny*: dojčatá 1,8-2 g/kg telesnej hmotnosti (s umelou výživou vyšší príjem bielkovín 2,2-2,5 g/kg telesnej hmotnosti); detský a dospelý vek: 1,2-1,5 g/kg telesnej hmotnosti; dospelý vek: 0,8-1,2 g/kg telesnej hmotnosti
- *tuky*: detský vek: 4-5 g/kg telesnej hmotnosti, dospelý vek: 1 g/kg telesnej hmotnosti
- *cukry (sacharidy)*: detský vek: 10-15 g/kg telesnej hmotnosti, dospelý vek: 5-8 g/kg telesnej hmotnosti
- *vláknina*: 25-35 g/deň

Je potrebné zdôrazniť aj dostatočný príjem vitamínov, minerálnych látok a stopových prvkov:

- *vitamíny* – rozpustné v tukoch (A, D, E, K) a vo vode (C, B₁, B₂, B₆, niacín, kyselina listová, B₁₂, biotín a kyselina pantoténová)
- *minerálne látky* – sodík, chlór, draslík, vápnik, fosfor, horčík, železo
- *stopové prvky* – jód, selén, meď, zinok a fluór

4.2 Hodnotenie výživového statusu – *antropometrické vyšetrenie*

Výživový status je možné hodnotiť už z pohľadu, avšak presná diagnostika by mala byť na základe objektívnych parametrov. *Antropometria* je metóda, ktorej princíp je založený na meraní a hodnotení jednotlivých častí tela. V klinickej praxi sú používané *antropometrické parametre a indexy*, pomocou ktorých je možné hodnotenie výživového statusu a diagnostika porúch výživy. Vyšetrenie antropometrických parametrov patrí medzi najdôležitejšie klinické vyšetrenia, ktoré hodnotí *vývoj a rast jedinca* (v neonatológii, pediatrii) a *výživový status* – norma, podvýživa, nadváha, obezita (vo všetkých medicínskych odboroch). Medzi *základné antropometrické parametre* zaraďujeme:

- *výška v stoj* – vzdialenosť medzi najvyšším bodom na hlave (vertex) a podložkou
- *telesná hmotnosť*
- *body mass index (BMI)* = hmotnosť (kg) / výška (m²)
- *obvod pásu* – najužšia časť brucha, ak nie je možné určiť, meria sa vo výške pupku, resp. v strede medzi spojnicou dolného okraja posledného rebra a hrebeňa bedrovej kosti
- *obvod bokov* – najširšie miesto cez boky
- *pomer „waist-to-hip ratio“ (WHR)* = obvod pásu (cm) / obvod bokov (cm)
- *percento telesného tuku*

Poruchy výživy sa hodnotia najmä podľa parametrov (tab. 1):

- *BMI*: rozmedzie BMI od 18,5 do 24,9 kg/m² je norma pre dospelý vek, nižšia hodnota ako 18,5 kg/m² indikuje podvýživu, vyššia hodnota ako 25 kg/m² nadváhu a vyššia hodnota ako 30 kg/m² obezitu
- *pomer obvodu pásu a bokov (WHR)*: fyziologické hodnoty WHR by mali byť u mužov 0,85 - 0,90 a u žien 0,75 - 0,80, čo znamená, že tukové tkanivo je rozložené rovnomerne
- *obvod pásu*: fyziologické hodnoty sú pre dospelých mužov pod 94 cm a pre dospelé ženy pod 80 cm. Hodnota u mužov vyššia ako 102 cm a u žien vyššia ako 88 cm indikuje abdominálnu (brušnú) obezitu, ktorá je spojená so zvýšeným rizikom kardiovaskulárnych, metabolických a iných ochorení
- *percento telesného tuku*: tukové tkanivo je dôležité aj z hľadiska endokrinnnej funkcie, a preto je dôležité percentuálne množstvo podkožného tuku: pre dospelé ženy v rozmedzí 10 – 13 %, u dospelých mužov je hodnota 2 – 5 % (nižšia kvôli odlišnej stavbe tela a distribúcii tukového/svalového tkaniva)

Stupeň obezity	BMI (kg/m ²)	Riziko komplikácií
Podváha	< 18,5	nízke
Normálna telesná hmotnosť	18,5 - 24,9	nezvýšené
Nadváha	25,0 - 29,9	mierne zvýšené
Obezita I. stupňa	30,0 - 34,9	stredne zvýšené
Obezita II. stupňa	35,0 - 39,9	vysoké
Obezita III. stupňa	≥ 40	veľmi vysoké

Popis	Ženy	Muži
Fyziologicky dôležité množstvo podkožného tuku	10 - 13 %	2 - 5 %
Profesionálni športovci	14 - 20 %	6 - 13 %
Fitness a amatérski športovci	21 - 24 %	14 - 17 %
Bežný priemer (hranica s nadváhou)	25 - 31 %	18 - 24 %
Obezita	32 % +	25 % +

Tab. 3 Hodnoty BMI a percenta podkožného tuku u dospelých ľudí

(upravené podľa zdroja: <https://www.vladozlatos.com/blog/clanky-o-zdravi/zistite-mnozstvo-svojho-podkozneho-tuku.html>)

Výživový status je možné objektívne hodnotiť aj na základe počítačovej analýzy zloženia tela. *Objektívna analýza zloženia tela* je založená na bioimpedančnom princípe, to znamená, že tkanivá majú rôzny odpor (t.j. elektrickú impedanciu) k priechodu striedavého elektrického prúdu. Napríklad, *tukové tkanivo* má vysoký odpor a je zlým vodičom, naopak, *svalové tkanivo* má nižší odpor a je lepším vodičom. Dané vyšetrenie poskytuje informácie o analýze zloženia tela (celková telesná hmotnosť, bielkoviny, minerálne látky, telesný tuk), ďalej o analýze „*sval-tuk*“ (celková telesná hmotnosť, kostrová svalová hmota, telesná tuková hmota) s následnou počítačovou diagnostikou porúch výživy (obezita, nadváha, podváha) a segmentálnou analýzou svaloviny a tuku (5 segmentov – horná ľavá a pravá časť, dolná ľavá a pravá časť, brušná oblasť).

Vyšetrenie je vykonávané použitím špeciálnych prístrojov (napr. InBody) a používa sa v internej medicíne (obezitológia, kardiológia), pediatrii (sledovanie vývoja a rastu dieťaťa), športovej medicíne a ďalších odboroch. Výhodou daného vyšetrenia je okrem objektívnej analýzy aj stanovenie telesného typu, vyhodnotená tabuľka pre kontrolu hmotnosti v zmysle zvýšenia alebo zníženia so samostatnými časťami pre svalové a tukové tkanivo, ako aj praktické ukladanie jednotlivých výsledkov do tabuľky, čo umožňuje sledovanie zmien výživového statusu v dynamike času, napríklad pri znižovaní hmotnosti (obr. 18).

ID	Výška	Věk	Pohlaví	Datum / Čas Testu
	176cm	30	Muž	

Analýza Složení Těla

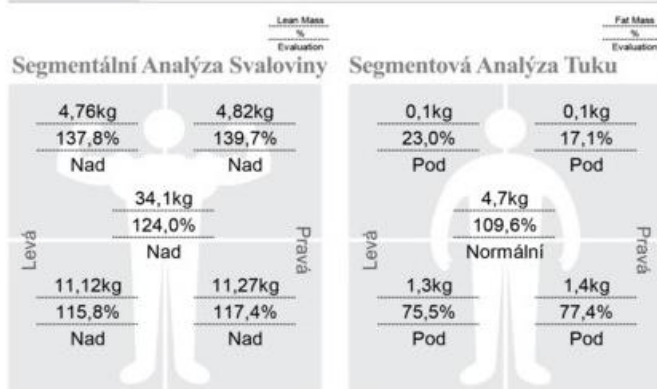
	Hodnoty	Celková Tělesná Voda	Měkká Svalová Hmotnost	Hmotnost Bez Tuku	Hmotnost
Celková Tělesná Voda (L)	55,7 (38,3~46,9)	55,7	71,7 (49,2~60,2)	75,8 (52,1~63,7)	84,7 (57,9~78,3)
Bílkovina (kg)	15,1 (10,3~12,5)				
Minerály (kg)	5,01 (3,55~4,33)				
Množství Tělesného Tuku (kg)	8,9 (8,2~16,4)				

Analýza Sval-Tuk

	Pod	Normální	Nad
Hmotnost (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 190 205 %		84,7
Hmotnost Kosterních Svalů (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 %		43,5
Množství Tělesného Tuku (kg)	40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 %		8,9

Analýza Obezity

	Pod	Normální	Nad
BMI (kg/m ²)	10,0 15,0 18,5 22,0 25,0 30,0 35,0 40,0 45,0 50,0 55,0		27,3
Procento tělesného tuku (%)	0,0 5,0 10,0 15,0 20,0 25,0 30,0 35,0 40,0 45,0 50,0		10,5



Historie Složení Těla

	04.01.20	29.04.20	29.04.20	05.05.20	28.05.20	19.06.20	15.07.20	16.10.20
Hmotnost (kg)	84,3	84,7	84,4	86,3	83,9	83,3	83,2	84,7
Hmotnost Kosterních Svalů (kg)	42,3	43,0	42,7	44,5	43,7	42,9	43,2	43,5
Procento tělesného tuku (%)	12,6	11,5	11,6	10,4	9,8	10,2	9,7	10,5

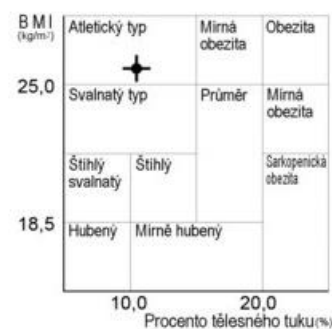
✓ Předchozí □ Celkem

Výsledek InBody

98/100 Bodů

* Celkový výsledek, který odráží zhodnocení složení těla. Svalnatá osoba může mít výsledek nad 100 bodů.

Tělesný typ



Kontrola Hmotnosti

Cílová Hmotnost	84,7 kg
Kontrola Hmotnosti	0,0 kg
Kontrola Tuku	0,0 kg
Kontrola Svalová	0,0 kg

Hodnocení Obezity

BMI ☐ Normální ☐ Pod ☒ Lehce přes ☐ Nad

PBF ☒ Normální ☐ Lehce přes ☐ Nad

Hodnocení tělesné rovnováhy

Vyšší ☒ Vyvážený ☐ Lehce ☐ Extrémně ☐ Nevyvážený

Nižší ☒ Vyvážený ☐ Lehce ☐ Extrémně ☐ Nevyvážený

Vyšší- Nižší ☒ Vyvážený ☐ Lehce ☐ Extrémně ☐ Nevyvážený

Parametry prohledávání

Bazální Metabolická Míra	2007 kcal
Poměr Obvodu Pasu a Hýždí	0,80 (0,80~0,90)
Uroveň útrobního tuku	3 (1~9)
Obsah minerálů v kostech	4,07 kg 2,92~3,56

Výsledky Interpretace QR Kódu

Naskenujte QR kód a výsledky zobrazte podrobněji.



Impedance

	PP	LP	TR	PN	LN
Z ₀ (Ω) 5 kHz	233,4	235,2	19,3	207,9	210,1
50 kHz	201,7	205,2	15,8	178,8	181,4
250 kHz	176,9	180,7	13,4	156,8	159,0

Obr. 18 Výstupný protokol analýzy zloženia tela
(upravené podľa zdroja: <https://www.inbody.sk/vsetko-o-merani/interpretacia-ib370s>)

4.3 SEMINÁRNA ČASŤ

Ošetrovatel'stvo:

Poruchy príjmu potravy – rozdelenie, diagnostika, prevencia.

Typy a funkcia tukového tkaniva v organizme.

Verejné zdravotníctvo:

Výživa v detskom a adolescentnom veku – význam, špecifiká.

Prevalencia a incidencia nadváhy a obezity v slovenskej populácii.

Pôrodná asistencia:

Zloženie materského mlieka.

Laktácia a dojčenie – fyziológia, výhody a kontraindikácie dojčenia.

4.4 PRAKTICKÁ ČASŤ

JEDÁLNY LÍSTOK - stanovenie podľa princípov správnej výživy

Stanovenie jedálneho lístka je dôležité v klinickej praxi z hľadiska zachovania dennej potreby energie na zabezpečenie bazálneho a pracovného metabolizmu v súlade so zabezpečením optimálnych výživových podmienok pre organizmus.

Potrebný materiál:

Tabuľky odporúčaných výživových hodnôt potravín, potravinové a kalorické tabuľky, individuálne požiadavky na zostavenie jedálneho lístka v modelových situáciach (napr. pre seniora s polymorbiditou, zdravé dieťa, žena v období dojčenia a pod.).

Postup:

1. *Vyberte zadanie konkrétnej úlohy (napr. „Zostavte jedálny lístok pre ženu po pôrode“).*
2. *Zostavte návrh jedálneho lístka podľa odporúčaní – príjem bielkovín, cukrov, tukov, odporúčané rozloženie potravy v priebehu dňa a pod.*
3. *Určite energetické hodnoty jednotlivých potravín podľa kalorických tabuliek (resp. kalorickej kalkulačky).*

Výsledková časť

1. *Napíšte vzor jedálneho lístka podľa vybraného zadania.*
2. *Definujte, ktoré výživové špecifiká ste museli v jedálnom lístku zohľadniť a prečo.*

ANTROPOMETRICKÉ PARAMETRE - hodnotenie z hľadiska diagnostiky podvýživy a obezity

Metodika hodnotenia antropometrických parametrov je štandardizovaná, pričom sa zameriame na indexy hodnotiacich nadváhu a obezitu – BMI, percento tuku a obvod pásu, príp. WHR.

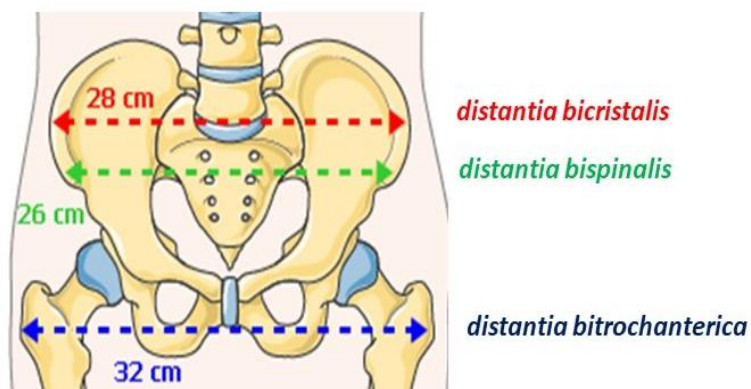
Osobitným vyšetrením je *pelvimetria* – meranie vonkajších panvových rozmerov, ktoré sú dôležité v gynekológii a pôrodníctve (avšak pre pôrod sú rozhodujúce vnútorné rozmery panvy).

Potrebný materiál:

Antropometer na stanovenie výšky, váha na stanovenie hmotnosti, pásová miera na stanovenie obvodu pásu a bokov, digitálny monitor telesného tuku, pelvimeter na stanovenie vonkajších rozmerov panvy.

Postup:

1. *Odmerajte výšku vyšetrovaného v stoji – vyšetrovaný stojí naboso vzpriamene pätami pri sebe na rovnej podložke. Hlava by mala byť v polohe, že spojnica medzi najnižším bodom dolného okraja orbity a horného okraja vonkajšieho zvukovodu je horizontálna.*
2. *Odmerajte telesnú hmotnosť použitím kalibrovanej váhy.*
3. *Vypočítajte hodnotu BMI.*
4. *Odmerajte obvod pásu.*
5. *Odmerajte obvod bokov v najširšom mieste.*
6. *Vypočítajte index WHR.*
7. *Odmerajte percento telesného tuku použitím digitálneho monitora presne podľa inštrukcií.*
8. *Odmeriame vonkajšie rozmery panvy:*
 - *distantia bispinalis (vzdialenosť medzi spina iliaca anterior superior)*
 - *distantia bicristalis (vzdialenosť navzdialenejších bodov medzi crista iliaca)*
 - *distantia bitrochanterica (vzdialenosť medzi trochanter major obidvoch femurov)*



(upravené podľa zdroja: https://is.muni.cz/el/med/podzim2017/BPAN011c/um/panevev_PA.pdf)

Výsledková časť

1. Doplňte vaše namerané hodnoty antropometrických parametrov do tabuľky a porovnajte s normou.
2. Urobte diagnostický záver.

PARAMETER	NAMERANÁ HODNOTA	NORMA
výška (m)		
hmotnosť (kg)		
BMI (kg/m^2)		
obvod pásu (cm)		
obvod bokov (cm)		
WHR		
percento telesného tuku (%)		
vonkajšie rozmery panvy		
<i>distantia bispinalis</i> (cm)		
<i>distantia bicristalis</i> (cm)		
<i>distantia bitrochanterica</i> (cm)		

Diagnostický záver

1. Urobte diagnostiku podľa BMI, WHR (obvod pásu), percento telesného tuku: norma, podváha, nadváha, obezita.
2. Urobte diagnostiku podľa výsledkov vonkajších rozmerov panvy: fyziologické rozmery panvy, menšie rozmery panvy, väčšie rozmery panvy.

Kontrolné otázky – časť Fyziológia výživy:

1. *Čo označujeme pojmom metabolizmus?*
2. *Aký je rozdiel medzi katabolickými a anabolickými dejmi z hľadiska energie?*
3. *Aká by mala byť optimálna denná dávka bielkovín a tukov u človeka?*
4. *Aké poruchy výživy poznáte?*
5. *Ako vypočítame hodnotu body mass indexu (BMI)? Aké je normálne rozmedzie BMI?*
6. *Kedy môžeme diagnostikovať abdominálnu obezitu a prečo je spojená so zvýšeným rizikom kardiovaskulárnych, metabolických a iných ochorení?*
7. *Aké možnosti hodnotenia antropometrického vyšetrenia poznáte?*
8. *Aké sú odporúčania pre optimálne rozdelenie príjmu potravy počas dňa?*
9. *Aké sú odporúčania pre optimálny príjem jednotlivých živín (cukry, tuky, bielkoviny) pri racionálnej výžive?*
10. *Pri akých fyziologických stavoch je potrebné zvýšiť príjem bielkovín?*
11. *Aké stavy a prejavy môžu byť spojené so zníženým príjmom a následným deficitom bielkovín?*
12. *Ktorý antropometrický parameter je súčasťou diagnostiky metabolického syndrómu a prečo?*
13. *Môže byť vysoké BMI spojené aj s iným výživovým stavom ako obezita?*

5. FYZIOLOGIA REGULÁCIE GLYKÉMIE A OBLIČKOVÝCH FUNKCIÍ

5.1 Glykémia – koncentrácia glukózy v krvi

Cukry (*sacharidy*, *glycidy*) patria medzi významné potravné články s najvyšším pomerným zastúpením v potrave, ktorú prijímame. Medzi koncové produkty trávenia sacharidov v tráviacom systéme patria *glukóza*, *fruktóza* a *galaktóza*. *Glukóza* predstavuje hlavný zdroj energie, tvorí až 80 % prijatých monosacharidov a je jediným zdrojom energie pre mozog a červené krvinky. Hodnota koncentrácie glukózy v krvi je striktne regulovaná *hormónmi pankreasu* – inzulín, glukagón, *hormónmi adenohipofýzy* – adrenokortikotropný hormón a tyreotropný hormón, *hormónmi drene a kôry nadobličky* – adrenalín, glukokortikoidy a *hormónmi štítnej žľazy* – tyroxín.

Diabetes mellitus je definovaný ako chronické ochorenie metabolizmu glukózy spôsobené absolútnym a/alebo relatívnym nedostatkom inzulínu ako hormónu pankreasu. Osobitným druhom je *gestačný diabetes mellitus* (manifestovaný v gravidite) a *porucha glukózovej tolerancie*. Diabetes mellitus patrí medzi ochorenia so zlou prognózou z hľadiska komplikácií na úrovni orgánovej i systémovej. Sledovanie glykemického profilu - koncentrácie glukózy v krvi, orálneho glukózového tolerančného testu (oGTT), hladiny glykovaného hemoglobínu - je zásadné pre včasný diagnostický zásah a terapeutickú intervenciu.

Na diagnostiku *diabetes mellitus*, *prediabetických syndrómov* a *gestačného diabetes mellitus* sa používa hodnotenie nasledovných parametrov: *glykémia*, t.j. normálna koncentrácia vo venóznej krvi v rozmedzí 3,8 – 6,1 mmol/l; *orálny glukózový tolerančný test (oGTT)* ako diagnostický test, ktorého cieľom je zistiť možné poruchy regulácie glykémie po zvýšenom príjme cukrov a *glykovaný hemoglobín (HbA1c)* vyjadrujúci reakciu medzi hemoglobínom a glukózou v krvi, čo odráža dlhodobú reguláciu glykémie (za posledné 3 mesiace, pretože životnosť erytrocytu je približne 120 dní).

V súčasnosti sa používajú nasledovné kritériá:

Kritériá na diagnostiku diabetes mellitus (podľa Slovenskej diabetologickej spoločnosti, zdroj: <https://diaslovakia.sk/content/zatazovy-oralno-glukoza-tolerancny-test>):

1. opakovane nameraná glykémia nalačno $\geq 7\text{mmol/l}$, alebo
2. glykémia v 2. hodine oGTT $\geq 11,1\text{mmol/l}$, alebo
3. náhodne zistená glykémia $\geq 11,1\text{mmol/l}$ u pacientov s typickými symptómami hyperglykémie (polydipsia, polyúria, strata hmotnosti), alebo

4. glykovaný hemoglobín (HbA1c) $\geq 6,5$ % DCCT (štúdia *Diabetes Control and Complications*) štandardizácie

Kritériá na diagnostiku prediabetických syndrémov (podľa Slovenskej diabetologickej spoločnosti, zdroj: <https://diaslovakia.sk/content/zatazovy-oralno-glukoza-tolerancny-test>):

1. hyperglykémia nalačno: 5,6 - 6,9 mmol/l
2. porucha glukózovej tolerancie: 7,8 - 11,0 mmol/l v 2. hodine oGTT
5. glykovaný hemoglobín (HbA1c): 5,7 - 6,4 % DCCT (štúdia *Diabetes Control and Complications*) štandardizácie

Kritériá na diagnostiku gestačného DM (podľa Slovenskej diabetologickej spoločnosti, zdroj: <https://diaslovakia.sk/content/zatazovy-oralno-glukoza-tolerancny-test>):

oGTT	Hodnota glykémie
glykémia nalačno	$\geq 5,1$ mmol/l
glykémia v 60. minúte	$\geq 10,0$ mmol/l
glykémia v 120. minúte	$\geq 7,8$ mmol/l

Tab. 4 Hodnoty glykémie a orálneho glukózového tolerančného testu (oGTT)

5.2 Sledovanie obličkových funkcií – diuréza a moč

Obličky majú viacero funkcií, a to *exkrečnú* (vyučovanie metabolických produktov a toxínov, ako je napr. urea, kreatinín, kyselina močová), *homeostatickú* (udržiavanie acidobázickej rovnováhy) a *endokrinnú* (vyučovanie erytropoetínu alebo renínu). Obličky prefiltrujú denne približne 180 litrov plazmy; *glomerulárna filtrácia* je cca 125 ml/min. Glomerulárny filtrát prechádza následne tubulárnym systémom (proximálny tubulus, Henleho slučka, distálny tubulus, zberný kanálik), kde výsledkom komplexných procesov je schopnosť obličiek produkovať a vylučovať *koncentrovaný moč*. Vyšetrenie obličkových funkcií patrí medzi základné vyšetrenia, kde hodnotenie diurézy a vzorky moču poskytuje množstvo informácií o rôznych ochoreniach. *Diuréza* označuje množstvo moču vytvoreného za určitý čas (napr. za 24 hodín), približná hodnota je 1000 – 1500 ml (u žien menej) a je ovplyvnená príjmom/ výdajom tekutín, stratami tekutín dýchacím, tráviacim systémom, resp. potením. Existuje viacero typov diuréz: *vodná* spojená s možným rozvinutím príznakov intoxikácie vodou (opuch

mozgových buniek), *chladová* ako následok presunu cirkulujúcej krvi z periférie do obličiek a poklesom resorpčnej činnosti tubulov, *osmotická* pri diabetes mellitus, kedy glukóza „strháva“ vodu a vzniká polyúria. Kvantitatívne a kvalitatívne poruchy močenia sú: *polyúria* označuje tvorbu nadmerne veľkého množstva moču obličkami (cca 2500 ml za 24 hodín), *oligúria* je vylučovanie malého množstva moču (od 100 až 500 ml za 24 hodín), *anúria* označuje vylučovanie množstva moču menej ako 100 ml za 24 hodín, *polakizúria* znamená časté močenie, *nyktúria* je zvýšená frekvencia močenia v noci, ktoré nie je následkom zvýšeného príjmu tekutín, *dyzúria* označuje bolestivé alebo sťažené močenie, *strangúria* označuje rezavú bolesť pri močení, *enuréza* je definovaná ako opakované mimovoľné pomočovanie (napríklad u starších detí). *Inkontinencia moču* znamená mimovoľový únik moču, ktorá môže byť napríklad podmienená vekom alebo súvisiaca so stresom (tzv. stresová inkontinencia).

Moč a jeho fyziologické zložky sú vyjadrením zdravého fungovania nielen vylučovacieho systému, ale i celkového stavu organizmu. Normálna hodnota pH moču pri bežnej výžive je v rozmedzí 4,8 - 8,0 kg/m³. Pre hodnotenie koncentračnej/zried'ovacej schopnosti obličiek sa používa stanovenie *špecifickej (mernej) hmotnosti a osmolality moču*. Kým *špecifická hmotnosť moču* je daná množstvom všetkých rozpustených látok v moči, *osmolalita moču* závisí na množstve osmoticky aktívnych častíc vylúčených do moču. Normálna hodnota špecifickej hmotnosti moču je približne 1015 – 1025 kg/m³, fyziologická hodnota osmolality pri bežnom príjme tekutín je v rozmedzí 300 - 900 mmol/kg, krajné rozmedzie pri maximálnom zriedení alebo maximálnej koncentrácii sa pohybujú v rozmedzí 50 - 1200 mmol/kg. Osmolalita závisí od koncentračnej funkcie obličiek, ako aj od vylučovania antidiuretického hormónu, je zvýšená pri zvýšenom príjme bielkovín, hyperglykémii spojenou s glykozúriou, pri liečbe manitolom alebo po podaní kontrastnej látky. Zníženie osmolality moču nastáva pri vodnej diuréze (napr. diabetes inspidus) alebo pri hypoproteinémii, t.j. zníženej koncentrácii bielkovín v krvnej plazme.

Medzi *fyziologické súčasti moču* patrí voda, urea (močovina) ako konečný produkt katabolizmu bielkovín, kreatín ako produkt katabolizmu svalov, kreatinín ako produkt metabolizmu kreatínu, kyselina močová ako produkt oxidácie purínov (sledovanie dôležité u pacientov s dnou), aminokyseliny, chloridy, fosfáty, minerálne látky a i. Medzi *abnormálne súčasti moču* patria bielkoviny – prítomnosť bielkovín v moči sa označuje ako *proteinúria*, ktorá môže byť aj *fyziologická* (menej ako 150 mg bielkovín za 24 hodín, približne u 35 % tehotných žien). Ďalej sem patrí glukóza, ktorej prítomnosť v moči sa označuje ako *glykozúria*, prítomnosť krvi v moči označovaná ako *hematúria*, *ketolátky* – prítomnosť v moči je spojená s diabetom,

hladovaním alebo graviditou, *bilirubín* – zvýšené hodnoty sú pri poruchách a ochoreniach pečene. Monitorovanie prítomnosti abnormálnych súčastí je dôležité aj z hľadiska prognózy jednotlivých ochorení. Napríklad, ak je zistená glukóza v moči, predpokladáme, že koncentrácia glukózy v krvi (glykémia) bude viac ako 10 mmol/l, čo súvisí s tzv. tubulárnym resorpčným maximom pre glukózu.

5.3 SEMINÁRNA ČASŤ

Ošetrovatel'stvo:

Proteinúria: typy proteinúrie, metódy vyšetrenia.

Glykémia: regulácia, metódy vyšetrenia.

Verejné zdravotníctvo:

Zásady hygienického odberu čerstvého ranného moču a zberového moču.

Prevalencia a incidencia diabetu na Slovensku.

Pôrodná asistencia:

Gestačný diabetes mellitus – charakteristika, diagnostika, prevencia.

Hypoglykémia u novorodenca – diagnostika, komplikácie.

5.4 PRAKTICKÁ ČASŤ

GLYKÉMIA - vyšetrenie koncentrácie glukózy v krvi a orálneho glukózového tolerančného testu

Vyšetrenie glykémie a orálneho glukózového tolerančného testu sa používa pri preventívnych prehliadkach, ako aj v rámci biochemického skríningu metabolických a iných chronických ochorení (napr. diabetes mellitus). Pre správnu interpretáciu výsledkov je dôležité urobiť vyšetrenie glykémie nalačno a pre správnu diagnostiku orálneho glukózového tolerančného testu (oGTT) je potrebné, aby pacient 3 dni pred vyšetrením prijímal normálnu stravu s príjmom sacharidov (aspoň 150 g sacharidov denne) a mal štandardnú fyzickú záťaž.

Potrebný materiál:

Elektronický glukomer, diagnostické prúžky na glykémiu, glukóza (75 g) pre stanovenie oGTT, pomôcky na odber kapilárnej krvi

Postup:

1. Za štandardných podmienok odoberieme kvapku kapilárnej krvi na diagnostický prúžok a vložíme do glukomera.

2. *Odčítame hodnotu glykémie nalačno – prvá vzorka glykémie.*
3. *Následne pripravíme 75 g glukózy, ktorú rozpustíme v pohári vody (objem 250-300 ml) a ktorý vyšetrovaný vypije v priebehu 5 minút.*
4. *Odmeriame čas, presne po dvoch hodinách odoberieme vzorku kapilárnej krvi a stanovíme výsledok glykémie použitím glukomera – druhá vzorka glykémie.*

Výsledková časť

1. Porovnajte namerané hodnoty s fyziologickým rozpätím glykémie.
2. Vykonajte diagnostický záver.

Diagnostický záver

1. Zhodnoťte, či výsledky glykémie a oGTT vykazujú odchýlky od normálneho rozpätia glykémie.
2. Na základe predošlého hodnotenia zhodnoťte stav glykemického profilu: norma, prediabetické syndrómy, diabetes mellitus.

MOČ - vyšetrenie základných charakteristík použitím diagnostického prúžku

Vyšetrenie vzorky moču použitím diagnostického prúžku patrí medzi jednoduché vyšetrenie, ktoré môže poskytnúť cenné informácie o rozličných akútnych a chronických obličkových chorobách, ako aj pri systémových ochoreniach s podozrením na postihnutie obličiek. Analýza moču sa robí najčastejšie zo vzorky získanej z *čerstvého ranného stredného prúdu moču* alebo zo *zberového moču za presne vymedzené časové obdobie* (napr. za 12/24 hodín). Vzorku moču možno získať aj na základe *katetrizácie a punkcie močového mechúra*. Najčastejší spôsob odberu moču je čerstvý ranný stredný prúd, pri ktorom je dôležité umytie vonkajších genitálií. Pri akomkoľvek spôsobe odberu moču sa odporúča vzorku spracovať v priebehu 2 - 4 hodín.

Diagnostika vzorky moču sa začína na základe *farby a zápachu*. Farba moču je daná jeho koncentráciou, pH a chemickým zložením. Normálna farba moču je zvyčajne bledožltá, abnormálna farba moču môže byť spôsobená liekmi, potravinami a rôznymi patologickými vplyvmi: zakalený moč je spôsobený prítomnosťou leukocytov a baktérií, červený moč môže indikovať hematúriu (prítomnosť krvi v moči) alebo potravinový vplyv (napr. cvikla spôsobuje červený moč). Moč môže byť aj bezfarebný, napríklad pri polyúrii.

Zápach moču je podmienený malým množstvom prchavých mastných kyselín. Silný zápach acetónu je pri ketóze (zvyšené hladiny ketolátok, napr. pri diabetes mellitus).

Potrebný materiál:

Pohár na odber vzorky moču, diagnostické prúžky, papierová vata

Postup:

1. *Odoberieme vzorku moču do pripraveného pohára.*
2. *Pozorujeme farbu moču a diagnostikujeme zápach moču.*
3. *Po určení farby a zápachu vyšetříme moč diagnostickým prúžkom na stanovenie pH, leukocytov, bielkovín, glukózy, bilirubínu, ketolátok a ďalších parametrov.*
4. *Diagnostický prúžok ponoríme do vzorky vyšetřovaného moču na veľmi krátky čas (1-2 s), pričom dbáme, aby boli všetky reagenčné zóny ponorené.*
5. *Vytiahneme diagnostický prúžok, hrany jemne osušíme štvorčkami papierovej vaty tak, aby sme odstránili prebytočný moč.*
6. *Diagnostický prúžok položíme na pripravenú podložku a necháme vo vodorovnej polohe približne 1 minútu.*
7. *Vyhodnotíme zafarbenie reagenčných zón a porovnáme s farebnou stupnicou pre diagnostiku možných abnormalít.*

Výsledková časť

1. *Napíšte výsledky hodnotenia základných parametrov zo vzorky moču na základe porovnania s farebnou stupnicou diagnostického prúžka.*
2. *Vykonajte diagnostický záver.*

Diagnostický záver

1. *Urobte zápis, či vyšetrenie ukázalo iba fyziologické zloženie moču alebo aj prítomnosť patologických súčastí moču.*
2. *Vykonajte diagnostiku možných ochorení na základe prítomnosti patologických súčastí moču.*

Kontrolné otázky – časť Fyziológia glykémie a obličkových funkcií:

1. *Aké je normálne rozmedzie glykémie pre človeka?*
2. *Na základe čoho určujeme diagnostiku prediabetických syndrómov, diabetes mellitus a gestačného diabetes mellitus?*
3. *Čo znamená prítomnosť glukózy v moči z hľadiska glykémie v krvi? Odôvodnite mechanizmom resorpcie glukózy v obličkách.*
4. *Čo je diuréza a aká je normálna hodnota?*
5. *Akú farbu by mal mať moč a čo indikuje zmena farby moču?*
6. *Čo je glomerulárna filtrácia? Aká je hodnota glomerulárnej filtrácie pre dospelých?*
7. *Čo je dyzúria, nyktúria, anúria, oligonúria?*
8. *Aký je rozdiel medzi primárnou a sekundárnou enurézou?*
9. *Aké následky môže mať neliečený diabetes mellitus, zvlášť v tehotnosti?*
10. *Čo je glykovaný hemoglobín a akú podáva informáciu?*
11. *Definujte štandardné postupy pre odber sterilnej vzorky moču na diagnostické vyšetrenie.*
12. *Vysvetlite špecifickú hmotnosť moču, osmolalitu a ich zmeny v závislosti od príjmu tekutín.*
13. *Aká je funkcia proximálneho tubulu obličiek?*
14. *Vysvetlite protiprúdový mechanizmus obličiek.*
15. *Čo označuje termín hematúria? Aký je rozdiel medzi mikroskopickou a makroskopickou hematúriou?*

6. FYZIOLOGIA NERVOVÉHO SYSTÉMU

Nervový systém sa rozdeľuje na centrálny nervový systém (CNS) a periférny nervový systém. CNS tvorí mozog a miecha, periférny nervový systém je tvorený nervovými vláknami (senzitívne, motorické, autonómne).

Pre pochopenie činnosti CNS je potrebné vymedziť pojmy. **Regulácia** znamená riadenie a okamžité prispôsobenie požiadavkám organizmu, čo je zásadné pre udržiavanie stálosti vnútorného prostredia – homeostázy. **Koordinácia** spočíva v súhre činnosti orgánov a orgánových systémov do komplexného celku s cieľom adaptability a flexibility; **integrácia** označuje správanie organizmu ako celok – behaviorálny aspekt, čo sa prejavuje vystupovaním v kontexte sociálnej situácie.

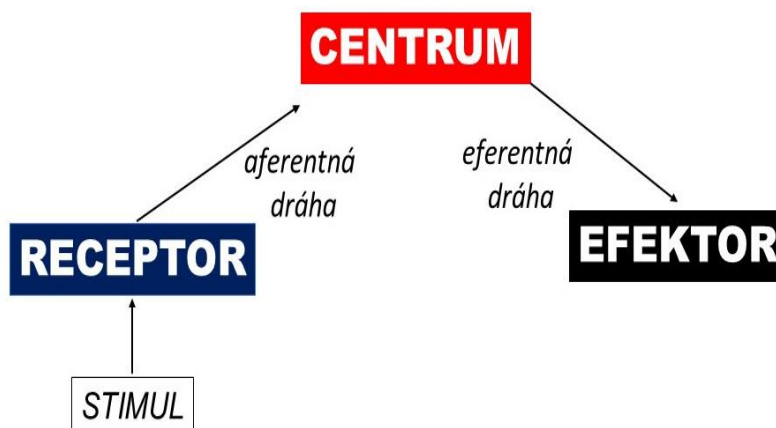
Príkladom regulačnej funkcie môže byť prispôsobenie tlaku krvi zmeneným podmienkam tak, aby sa udržiaval v normálnom rozmedzí. Napríklad, ak sa zmení poloha z ľahu do stoja, zníži sa venózný návrat v dôsledku presunu krvi do dolných končatín, na čo zareagujú vysokotlakové baroreceptory s úpravou tlaku krvi a frekvencie srdca pre stabilizáciu funkcie kardiovaskulárneho systému. Príkladom koordinačnej a integračnej funkcie je pravidelná športová aktivita, kde počas tréningu dochádza k súhre viacerých systémov: kardiovaskulárneho a dýchacieho na zabezpečenie distribúcie krvi a dostatočného množstva kyslíka k jednotlivým orgánom (svaly, srdce, mozog), motorického na zabezpečenie svalovej aktivity a naučených motorických vzorcov dôležitých pre pohyb a ďalšej koordinácie orgánových systémov. Nemenej dôležitou súčasťou je integrácia do emočno-sociálneho kontextu – pozitívne emócie, komunikácia s okolím, dobrý pocit.

Zásadné pochopenie spočíva v tom, že činnosť CNS pripomína dokonalý „orchester“: začína prijímaním informácií z receptorov, ktoré sú spracované na základe hodnotenia, vnímania a skúseností tak, aby sa „naprogramovala“ čo najoptimálnejšia odpoveď (činnosť výkonných orgánov) organizmu. Odpoveď teda nemusí byť okamžitá (závisí aj od komplexity spracovania informácie na interneurónovej úrovni) a konečná reakcia môže byť aj časovo posunutá.

6.1 Reflexná činnosť

Základným vyjadrením činnosti nervového systému je *reflexná aktivita*. *Reflex* charakterizujeme ako základnú funkčnú jednotku činnosti CNS. *Reflexný oblúk* zahŕňa jednotlivé časti, ktoré sa zapájajú do vykonania samotného reflexu – receptor, aferentná dráha, centrum, eferentná dráha a efektor (výkonný orgán). To znamená, že reflex sa začína pôsobením adekvátneho podnetu na *receptor*, vznikne nervový vzruch, ktorý sa šíri smerom k *centru reflexného oblúku (aferentná dráha)*. Následne neuróny centra vytvárajú akčné

potenciály, ktoré smerujú k *efektoru* (*eferentná dráha*) a výsledkom je odpoveď *efektoru* ako výkonného orgánu pre odpoveď organizmu (obr. 19).



Obr. 19 Reflexný oblúk

(upravené podľa zdroja: <https://antranik.org/the-principle-of-homeostasis/>)

6.1.1 Delenie reflexov

Reflexy sa delia z viacerých hľadísk. Z hľadiska *evolučného* reflexy rozdeľujeme na nepodmienené (vrodené) a podmienené (získané počas života). *Nepodmienené reflexy* sú charakterizované ako vrodené reakcie organizmu, ktoré sa vyznačujú trvalou a jednoznačnou súvislosťou medzi pôsobením na receptor a určitou odpoveďou, zabezpečujúcou prispôsobenie sa organizmu stabilným podmienkam života. Nepodmienené reflexy sú uskutočňované prostredníctvom miechy (spinálne centrá) a nižších častí mozgu, pričom predstavujú podklad pre *nižšiu nervovú činnosť*. Patria sem *jednoduché nepodmienené reflexy* (somatické a autonómne) s presne definovaným reflexným oblúkom, ktoré nie sú podmienené učením (napr. spinálne reflexy alebo slinný reflex; niektoré z nich sú predmetom praktického cvičenia), *popudové reakcie (drive)*, ktoré predstavujú nervové procesy usmerňujúce správanie organizmu na zaistenie potrieb (stav po uspokojení - *antidrive*), *emócie* (psychologické procesy, ktoré sú spojené s fyziologickými a motorickými prejavmi - emócie so sebaobranou, emócie spojené s výživou, emócie spojené s reprodukčnou funkciou) a *inštinkty* (vrodená dispozícia ku komplexu zložitých foriem správania), ktoré predstavujú najvyššiu formu nepodmienených reflexov (inštinktívne správanie).

Príkladom popudovej reakcie je hlad (*drive*), ktorý mení správanie vo forme hľadania potravy a po príjme potravy nastane pocit sýtosti (*anti-drive*).

Podmienené reflexy sú získané a sú základom pre integračnú a asociačnú funkciu vyššej nervovej činnosti, pre učenie a celkovo pre adaptáciu a flexibilitu organizmu na zmenené podmienky v dynamike času a skúseností. Vypracovanie podmienených reflexov závisí od potrieb organizmu adaptovať sa na dané podmienky a sú ovplyvnené inhibičnými ako aj excitačnými procesmi.

Príkladom podmieneného reflexu je známy slinný reflex psa, ktorý vznikol na základe podmieňovania na zvuk (I.P. Pavlov, 1904 – Nobelova cena za fyziológiu a medicínu).

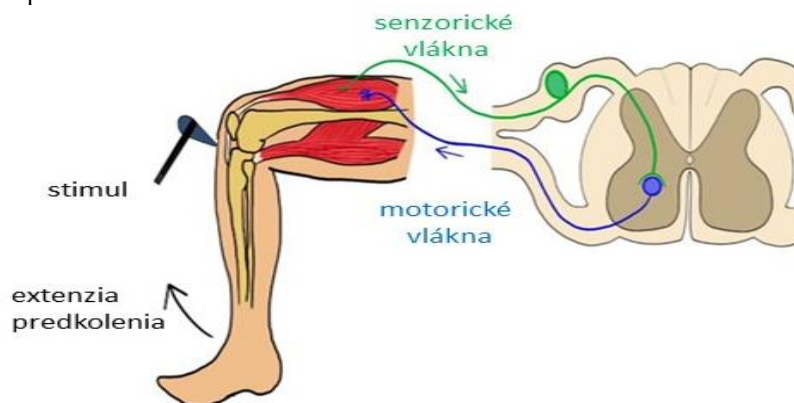
Ďalšie delenie reflexov je podľa *receptorov*: proprioreceptorové, exteroceptorové a interoceptorové, podľa *efektorov*: somatické (kostrový sval) a autonómne (srdcový a hladký sval, žľaza), ako aj podľa *počtu neurónov* (t.j. počet synaptických spojení medzi neurónmi reflexného oblúka): monosynaptické a polysynaptické.

6.1.2 Charakteristika reflexov

Monosynaptické - proprioreceptorové reflexy sa vyznačujú jednoduchým reflexným oblúkom, ktorý je charakterizovaný dvoma neurónmi a veľmi krátkym reflexným časom (menej ako 10 ms). Sú charakterizované stimuláciou *proprioreceptorov* – svalové vretienka a Golgiho šľachové telieska, ktoré sa nachádzajú vo svaloch, šľachách, kĺbových puzdrách, pričom receptor je uložený v samotnom efektore (kostrový sval). To znamená, že stimuláciou receptora (svalové vretienko alebo Golgiho šľachové teliesko) vyvoláme odpoveď toho istého kostrového svalu, v ktorom sa nachádzajú aj receptory. Medzi základné monosynaptické reflexy zaradujeme: *bicipitový, tricipitový, patelárny, reflex Achilovej šľachy, masseterový reflex, brachioradiálny (styloradiálny) reflex*.

Príklad: patelárny reflex (obr. 20):

stimul: klepnutie neurologickým kladivkom na šľachu *ligamentum patellae* – stimulácia proprioreceptorov (svalových vretienok), ktoré reagujú na natiahnutie svalu – zadné korene miechy (senzorické vlákna) – prepojenie senzorických vlákien na motorické prostredníctvom jednej synapsy v predných koreňoch miechy – extenzia predkolenia ako odpoveď efektora



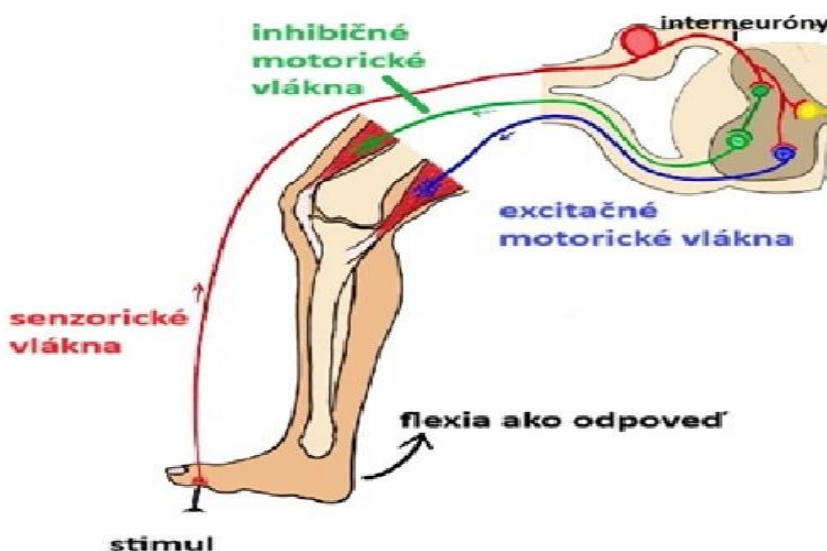
Obr. 20 Patelárny reflex

(upravené podľa zdroja: <https://ivanahanzlikova.com/napinaci-reflex/>)

Polysynaptické – exteroceptorové reflexy sa vyznačujú pomerne komplikovaným reflexným oblúkom vzhľadom na začlenenie väčšieho počtu neurónov, a teda aj nervových spojení do reflexného oblúka. Sú charakterizované stimuláciou *exteroceptorov* (t.j. receptorov v koži a slizniciach), pričom *receptor* a *efektor* sú v odlišných orgánoch (napr. receptory sa nachádzajú v koži a efektor je kostrový sval). Vyznačujú sa dlhším reakčným časom ako monosynaptické reflexy. Z funkčného hľadiska sa rozdeľujú na *lokomočné*, *nutričné*, *protektívne (ochranné)*. Medzi základné lokomočné reflexy patria inverzný myotatický a flexorový reflex (zaraďujú sa aj medzi protektívne reflexy), príkladom nutričného reflexu je sací reflex u novorodenca.

Príklad: flexorový reflex (obr. 21):

najvýznamnejší miechový polysynaptický reflex, ktorého funkciou je vzdialenie od zdroja bolesti a zároveň prevencia pádu: bolestivý stimul – stimulácia nociceptorov (receptory pre bolesť) – zadné korene miechy – (senzorické vlákna) – prepojenie na interneuróny – predné korene miechy – excitačný interneurón flexorov a inhibičný interneurón extenzorov: flexia podráždenej končatiny



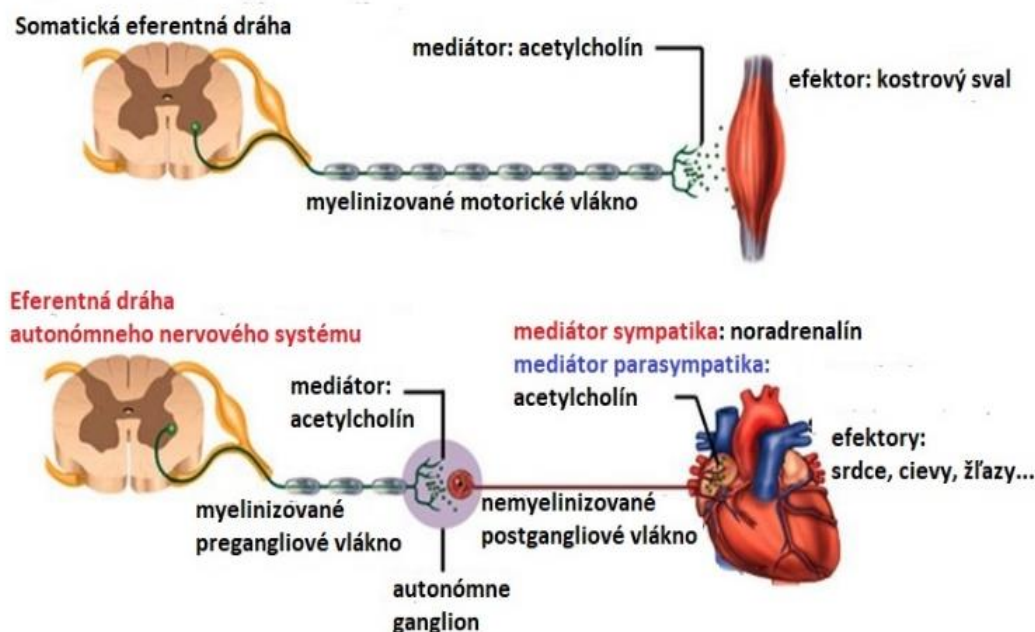
Obr. 21 Flexorový reflex

(upravené podľa zdroja: <https://ivanahanzlikova.com/napinaci-reflex/>)

Autonómne reflexy predstavujú ďalšiu časť reflexov založených na aktivite a dynamickej rovnováhe autonómneho nervového systému, ktorý je tvorený dvoma subsystémami – *sympatikový nervový systém* a *parasympatikový nervový systém*. Autonómne reflexy zohrávajú dôležitú úlohu z hľadiska udržiavania *homeostázy* (t.j. vnútorného prostredia) a od somatických reflexov sa odlišujú z viacerých aspektov:

- z hľadiska anatomického: sympatikový systém je tvorený torakolumbálnou časťou, parasympatikový nervový systém je tvorený kraniosakrálnou časťou

- z hľadiska funkčného (obr. 22): eferentná časť sa skladá z pregangliovej a postgangliovej časti a je charakterizovaná odlišnosťami v dĺžke pre- a postgangliových vlákien, odlišnými receptormi a mediátormi pre sympatikový a parasympatikový nervový systém. Efektorom autonómnych reflexov je myokard, hladké svalstvo alebo žľaza.



Obr. 22 Charakteristiky eferentných dráh pre somatický a autonómny nervový systém

(upravené podľa zdroja: <https://www.slideshare.net/Wabworld/autonomic-nervous-system-presentation-75771669>)

Príklad: pupilárny svetelný reflex (obr. 23):

svetelný stimul – aferentná dráha cez *n. opticus* – centrum v Edinger-Westphalovom jadre – eferentná dráha cez *n. oculomotorius* – efektor *m. sphincter pupillae* – reflexné zúženie pupily (mióza)



Obr. 23 Pupilárny svetelný reflex

(upravené podľa zdroja:

https://www.kaltura.com/index.php/extwidget/preview/partner_id/816122/uiconf_id/44640261/entry_id/0_a3ngkhtt/embed/dynamic?

6.2 Kognitívne funkcie

Kognícia definuje všeobecnú schopnosť vykonávať mentálne procesy, ktorých funkciou je učenie a poznávanie nových okolností, dejov a vecí. Inými slovami, *kognitívne funkcie* označujú súbor procesov, ktoré umožňujú vnímanie a poznávanie sveta okolo nás, efektívne učenie, adekvátne reakcie a adaptabilitu na rôzne a meniace podmienky prostredia. Kognitívne funkcie zároveň predstavujú poznávacie schopnosti, prostredníctvom ktorých je možné myslieť, plánovať, riešiť problémy a účelne prispôbovať správanie. Zároveň sú zodpovedné za adekvátne prijatie a spracovanie informácií pri interakcii s prostredím a za následnú vhodnú odpoveď. Súhra a organizácia kognitívnych funkcií je zabezpečená prostredníctvom tzv. *exekutívnych funkcií*, ktoré sú manifestované najmä v inhibičných a kontrolných procesoch. Neurofyziologický podklad spočíva predovšetkým vo frontálnej a prefrontálnej oblasti a ďalších asociačných oblasti. Medzi kognitívne funkcie (procesy) patrí: *vnímanie, myslenie, pozornosť, pamäť, schopnosť riešenia problémov, porozumenia, používania reči (verbálna funkcia) vrátane vyjadrovania sa a iné. Inteligencia* je charakterizovaná ako vrodená duševná schopnosť abstraktne myslieť, plánovať, rozumieť a riešiť dané problémy, a to aj v kontexte učenia sa na základe skúseností. Inými slovami, inteligencia umožňuje vnímať sociálne, morálne, intelektuálne spektrum podnetov, spracovať ich a náležite reagovať a odpovedať.

6.3 Lateralita mozgových hemisfér

Lateralita mozgových hemisfér označuje asymetriu hemisfér ľudského mozgu, ktoré nie sú po anatomickej ani funkčnej stránke rovnocenné. Rozdiely medzi jednotlivými hemisférami sa prejavujú v myslení, kognitívnom štýle, jazyku a gramatickom štýle (vyjadrovaní), špecializovaných funkciách, priestorovej orientácii, povahových črtách, ako aj v emóciách.

Ľavá hemisféra je zodpovedná za abstraktné myslenie, racionálny a logický kognitívny štýl, bohatý slovník s dobrou gramatikou, aritmetickými schopnosťami, slabou priestorovou orientáciou, vodcovstvom a predispozíciou smerom k pozitívnym emóciám. Naopak, *pravá hemisféra* sa vyznačuje konkrétnym a holistickým myslením, umeleckým štýlom, emocionálnym zafarbením reči bez výraznej gramatiky, dobrou predstavivosťou, empatiou a predispozíciou skôr k negatívnym emóciám.

Lateralita mozgových hemisfér súvisí s uprednostňovaním jedného z párových orgánov (ruka, noha, oko, ucho) sa nazýva *lateralita*, ktorá sa rozdeľuje na *motorickú* (preferovanie ľavej/pravej ruky alebo nohy) a *senzorickú* (preferovanie ľavého/pravého oka alebo ucha). Ručnosť sa určuje preferenciou jednej z rúk pri bežných činnostiach, má základ v genetickej predispozícii, ale je do istej miery ovplyvnená sociokultúrnymi faktormi prostredia. *Sinistralita*

alebo ľaváctvo je preferovanie ľavej ruky, *dextralita alebo praváctvo* je preferovanie pravej ruky. Ambidextriou označujeme stav nevyhranenej lateralit, ktorá vyjadruje používanie obidvoch rúk rovnako.

6.4 Zmysly – zrak a sluch

Medzi špeciálne zmysly patrí *zrak a sluch* - správne fungovanie daných špeciálnych zmyslov je zásadné pre homeostázu a adaptáciu organizmu. *Oko* – ako orgán *zrakového zmyslu* – obsahuje optickú a nervovú časť. *Optická časť* je tvorená rohovkou, komorovou tekutinou a šošovkou, pred ktorou sa nachádza dúhovka so zrenicou (pupila), za šošovkou sa nachádza sklovec. Funkcia optického systému spočíva v prepúšťaní svetelných lúčov, ktoré sa lámu a dopadajú na *nervovú časť* – *sietnicu*. *Sietnica* predstavuje najcitlivejšiu časť, ktorá vo forme tenkej vrstvy vystiela vnútornú časť oka. Obsahuje svetlocitlivé elementy – *tyčinky a čapíky a nervové vlákna*. V centrálnej jamke sietnice sa nachádza miesto najostrejšieho videnia - *žltá škvrna (macula lutea)*, ktorá je charakterizovaná najväčšou koncentráciou čapíkov zodpovedných za denné a farebné videnie (fotopické videnie). Periférne časti sietnice sú charakterizované prevahou tyčiniek, ktoré majú funkciu videnia za šera a umožňujú neostré a bezfarebné videnie (skotopické videnie). Miesto, ktoré je charakterizované neprítomnosťou tyčiniek alebo čapíkov, sa označuje ako *slepá škvrna* - vystupujú tadiaľ nervové vlákna zo sietnice a vytvárajú zrakový nerv – *nervus opticus*. Kôrové zrakové centrum sa nachádza v záhlavnom laloku mozgovej kôry.

Ucho - ako orgán *sluchového zmyslu* - tvorí *vonkajšie, stredné a vnútorné ucho*. Základnou funkciou sluchového zmyslu je *zachytiť, previesť a transformovať zvukové podnety*. *Vonkajšie ucho* je tvorené ušnicou, ktorá pomáha koncentrovať zvukové vlny z prostredia do *vonkajšieho zvukovodu*. *Bubienok (membrana tympani)* tvorí hranicu medzi vonkajším a stredným uchom. Funkcia bubienka spočíva v prenose zvukových vln na sluchové kostičky v stredoušnej dutine (kladivko, nákovka, strmienok – tzv. pákový systém), ktoré následne prenášajú vibrácie bubienka cez oválne okienko na perilymfu v *scala vestibuli* vnútorného ucha. *Vnútorné ucho* je tvorené systémom dutín a kanálikov – slimák, predsieň, tri polkruhové kanáliky. Prenos zvuku vo vnútornom uchu zabezpečuje *slimák (cochlea)*, ktorý sa skladá z trubice (*scala vestibuli*) začínajúca oválnym okienkom, je vyplnená perilymfou, následne sa stáča do protismeru a ako *scala tympani* končí okrúhlym okienkom. *Scala media* vyplnená endolymfou sa nachádza medzi *scala vestibuli* a *scala tympani*. Vlastné sluchové receptory predstavujú *vláskové bunky Cortiho orgánu*, ktorý možno vidieť na priečnom reze slimákom (na bazilárnej membráne). Vibrácie strmienka sa prenášajú cez oválne okienko do perilymfy v *scala tympani* a ďalej do

endolymfy v *scala media*, čo spôsobí vychýlenie cílií vláskových buniek Cortiho orgánu a prenos sluchovým nervom do kôrového centra sluchu, ktoré sa nachádza v spánkovom laloku mozgovej kôry.

Zvuk - mechanické vlnenie v prostredí, ktoré je schopné vyvolať v ľudskom uchu sluchový vnem – predstavuje adekvátny podnet pre sluchový analyzátor. Frekvencia zvukových vln sa udáva v hertzoch (Hz) a hlasitosť v decibeloch (dB). Počuteľnosť u ľudí je v rozmedzí frekvencie 16 Hz – 20 000 Hz, zvuk s frekvenciou nižšou ako 16 Hz je označený ako infrazvuk, zvuk s frekvenciou vyššou ako 20 000 Hz je označený ako ultrazvuk. Intenzita (hlasitosť) zvuku nad 130 dB vyvoláva bolesť (napríklad normálna konverzácia je v rozmedzí 30 – 60 dB). Prenos zvuku je *vzdušný* (t.j. vonkajší zvukovod – bubienok, ktorého rozkmitanie a chvenie sa prenáša pákovým systémom stredoušných sluchových kostičiek – oválne okienko – vnútorné ucho – Cortiho orgán) a *kostný*, kde sú silné zvuky spojené s rozkmitaním kostených štruktúr lebky (t.j. prenos zvuku priamo do vnútorného ucha). Porucha vedenia zvuku môže byť *prevodová* (poškodenie vonkajšieho alebo stredného ucha) alebo *percepčná* (poškodenie vnútorného ucha).

6.5 SEMINÁRNA ČASŤ

Ošetrovatel'stvo:

Nižšia a vyššia nervová činnosť – význam z hľadiska evolúcie.

Diagnostika anizokórie.

Verejné zdravotníctvo:

Poškodenie sluchu z pohľadu verejného zdravotníctva.

Prevalencia sinistrality, dextrality a ambidextrie.

Pôrodná asistencia:

Základné vyšetrenie reflexov u novorodenca.

Kognitívne prejavy popôrodnej depresie.

6.6 PRAKTICKÁ ČASŤ

ZÁKLADY VYŠETRENIA NERVOVÉHO SYSTÉMU – somatické a autonómne reflexy

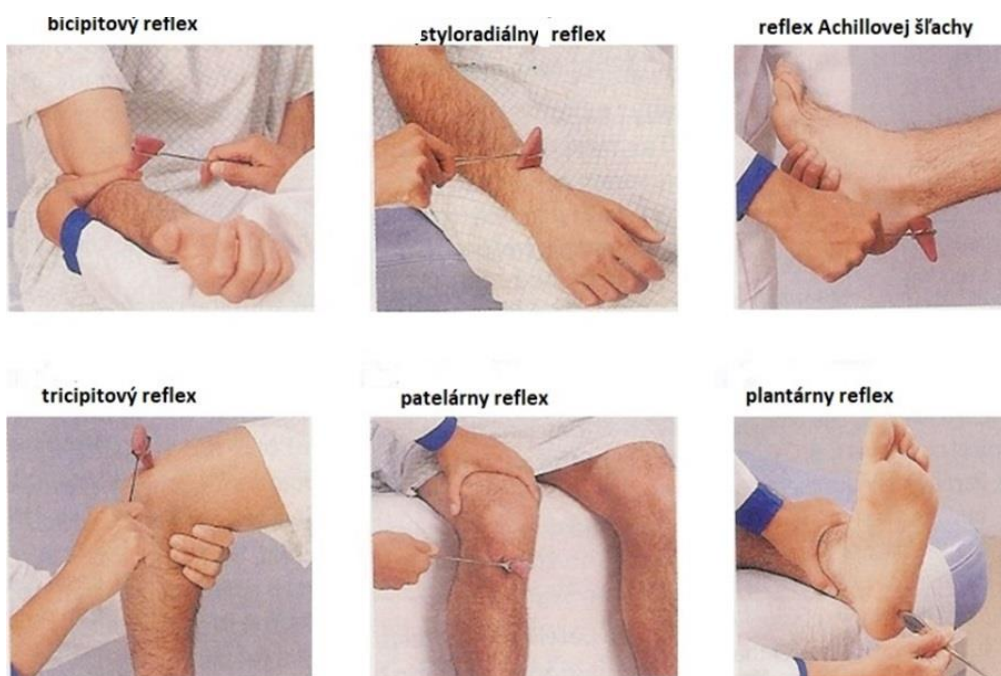
Vyšetrenie somatických reflexov patrí medzi základné vyšetrenia v neurológii a ďalších medicínskych odboroch. Výbavnosť reflexnej odpovede môže byť kvantifikovaná ako *normoflexia* (fyziologická odpoveď na stimuláciu receptora), *hyperreflexia* (nadmerná odpoveď na stimuláciu receptora) a *hyporeflexia*, resp. areflexia (znížená, resp. žiadna odpoveď na stimuláciu receptora).

Pupilárny svetelný reflex (PSR) patrí medzi najvýznamnejšie autonómne reflexy, ktorý je výsledkom integračnej funkcie autonómneho nervového systému – sympatikového a parasympatikového nervového systému. Sympatikový nervový systém je zodpovedný za rozšírenie zrenice (mydriáza), parasympatikový nervový systém za zúženie zrenice (mióza). PSR je dôležitý pre diagnostiku nerovnakého priemeru zrenice (pupily) – anizokória, čo môže byť prejavom rôznych neurologických a iných porúch.

Potrebný materiál:

Neurologické kladivko, zdroj osvetlenia na vyvolanie pupilárneho svetelného reflexu

Postup:



Vyšetrenie reflexov

(upravené podľa zdroja: <https://sk.pinterest.com/pin/748442031850342444/>)

Vyšetrenie propriocetívnych reflexov:

1. *Vyšetrovaný si sadne na stoličku v uvoľnenej pozícii. Začneme s vyšetrovaním reflexov na hornej končatine – bicipitový a tricipitový.*

Bicipitový reflex – horná končatina je v ľahkej semiflexii a opretá o predlaktie vyšetrojúceho. Reflex vyvoláme úderom neurologického kladivka na úpon m. biceps a pozorujeme flexiu predlaktia ako odpoveď.

Tricipitový reflex – *horná končatina ostáva v ľahkej semiflexii a úplne uvoľnenej pozícii cez predlaktie vyšetrujúceho. Reflex vyvoláme úderom neurologického kladivka na úpon m. triceps a pozorujeme extenziu predlaktia ako odpoveď.*

Styloradiálny reflex – *horná končatina ostáva v miernej flexii v uvoľnenej pozícii. Reflex vyvoláme poklepom neurologického kladivka na processus styloideus (distálny koniec rádia) a pozorujeme flexiu a pronáciu predlaktia.*

2. *Pokračujeme s vyšetrovaním reflexov na dolnej končatine – patelárny reflex a reflex Achillovej šľachy. Pred vyšetrením reflexov na dolnej končatine je vhodné, ak si vyšetrovaný spojí pred hrudníkom ruky a sústredí sa na to, aby ich odťahoval čo najviac od seba pre minimalizovanie vedomých vplyvov na výbavnosť reflexov.*

Patelárny reflex – *vyšetrovaný je v sede s úplne uvoľnenými dolnými končatinami (môžu byť aj prekrížené). Reflex vyvoláme úderom neurologického kladivka na ligamentum patellae a pozorujeme extenziu predkolenia.*

Reflex Achillovej šľachy – *požiadame vyšetrovaného, aby si klakol na stoličku tak, aby sa dotýkal len kolenom a časť predkolenia bola vo voľnej pozícii (inou možnosťou je uchopenie chodidla rukou). Reflex vyvoláme úderom neurologického kladivka na Achillovu šľachu a pozorujeme plantárnu flexiu.*

Vyšetrenie exteroceptívnych reflexov:

1. *V kontexte prechádzajúceho vyšetrenia reflexov na dolnej končatine pokračujeme vyšetrením plantárneho reflexu, pričom vyšetrovaný zostáva v rovnakej pozícii.*

Plantárny (Babinského) reflex – *vybavujeme podráždením kožných receptorov na laterálnej strane chodidla smerom od päty k malíčku a následne smerom k palcu. Fyziologická odpoveď je flexia chodidla a prstov (Babinského príznak negatívny), patologická odpoveď je abdukcia malých prstov a extenzia palca (Babinského príznak pozitívny), čo označuje poškodenie pyramídovej dráhy. **Dôležité – Babinského príznak je fyziologický u novorodencov.***



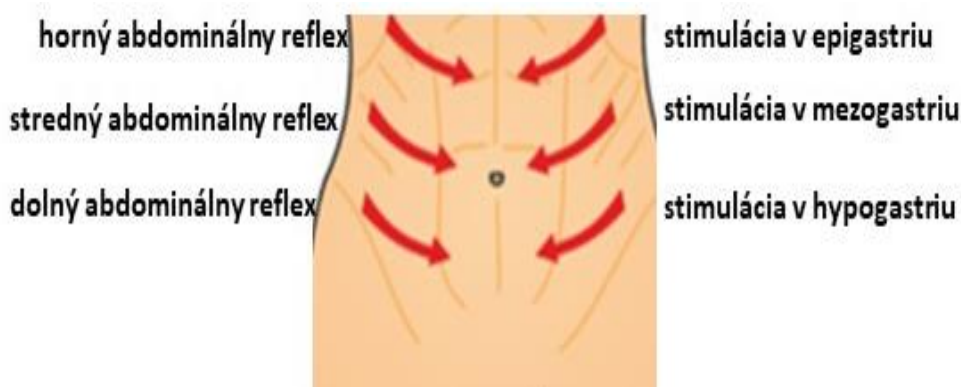
Vyšetrenie plantárneho reflexu - smer stimulácie (obr. vľavo), fyziologická odpoveď (obr. vpravo hore), patologická odpoveď (obr. vpravo dole)
(upravené podľa zdroja: https://www.wikiskripta.eu/w/Babinsk%C3%A9ho_reflex)

2. *Abdominálne reflexy vyšetrujeme tak, že vyšetrovaný je v ľahu na chrbte s uvoľnenými brušnými svalmi.*

Horný abdominálny reflex – vyvoláme stimuláciou kožných receptorov hornej tretiny brušnej steny (epigastrium) tupým predmetom (napr. hrot neurologického kladivka), kde je odpoveďou kontrakcia svalov brušnej steny.

Stredný abdominálny reflex - vyvoláme stimuláciou kožných receptorov strednej tretiny brušnej steny (mezogastrium), kde je odpoveďou kontrakcia svalov brušnej steny.

Dolný abdominálny reflex - vyvoláme stimuláciou kožných receptorov dolnej tretiny brušnej steny (hypogastrium), kde je odpoveďou kontrakcia svalov brušnej steny.



Vyšetrenie abdominálnych reflexov

(upravené podľa zdroja: <https://www.dreamstime.com/abdominal-reflexes-color-icon-vector-abdominal-reflexes-sign-isolated-symbol-illustration-abdominal-reflexes-color-icon-vector-image254424458>)

Vyšetrenie autonómneho reflexu:

1. PSR vyvoláme aplikáciou svetla do ľavého alebo pravého oka a pozorujeme zúženie zrenice – mióza. Reakciu zrenice na svetelný podnet pozorujeme aj na druhom oku – konsenzuálna reflexná reakcia.



Vyšetrenie pupilárneho svetelného reflexu

(upravené podľa zdroja: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/pupillary-light-reflex-reaction-of-pupils-vector-48042411>)

Výsledková časť

1. **Ku každému reflexu do tabuľky napíšte jeho spinálne centrum!**
2. Zhodnoťte výbavnosť a odpoveď jednotlivých reflexov.
3. Vykonajte diagnostický záver.

REFLEX	CENTRUM	VÝBAVNOSŤ
bicipitový		
tricipitový		
patelárny		
reflex Achillovej šľachy		
plantárny		
horný abdominálny		
stredný abdominálny		
dolný abdominálny		
pupilárny svetelný		

Diagnostický záver:

1. Na základe výbavnosti reflexnej odpovede diagnostikujte normoflexiu, hypo/areflexiu, hyperreflexiu pre každý reflex.
2. Osobitne urobte diagnostiku PSR – normálna odpoveď (mióza), prítomná/neprítomná konsezuálna reakcia, prítomnosť anizokórie, mydriázy.
3. Uveďte možné dôvody/príčiny inej reflexnej odpovede ako normoflexia.

KOGNITÍVNE FUNKCIE A LATERALITA MOZGOVÝCH HEMISFÉR

Orientačné vyšetrenie kognitívnych funkcií poskytuje informáciu o závažnosti poruchy kognitívnych funkcií (napr. pri demenciách). Test SMMSE (*Standardized Mini-Mental State Examination*) určuje možné deficity v jednotlivých dimenziách – *orientácia, krátkodobá pamäť, pozornosť a matematická úloha (počítanie), pamäť, vyššie kognitívne funkcie.*

Potrebný materiál:

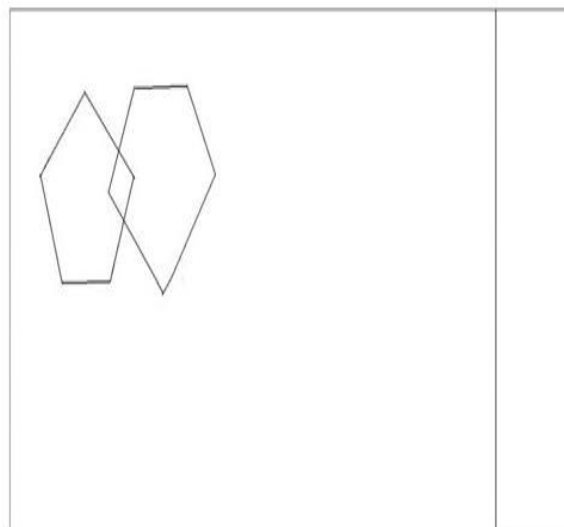
Test na hodnotenie psychických (kognitívnych) funkcií SMMSE (slovenská verzia), písacie potreby, stopky

Protokol:

1. *Vyšetrujúci oboznámi vyšetrovaného s inštrukciami na absolvovanie testu.*
2. *Vyšetrujúci aplikuje samotné testovanie pomocou pracovného listu slovenskej verzie testu SMMSE.*

Test psychických funkcií (Standardized Mini-Mental State Examination, SMMSE)

Orientácia Na každú otázku má pacient 10 sekúnd. Za každú správnu odpoveď je 1 bod.	Počet bodov
1. Aký je dnes deň v týždni? (akceptuje sa iba správna odpoveď)	0 - 1
2. Aký je dnešný dátum? (± 1 deň)	0 - 1
3. Aký je mesiac? (± 1 deň)	0 - 1
4. Aké je ročné obdobie? (± 1 týždeň)	0 - 1
5. Aký rok je teraz? (akceptuje sa iba správna odpoveď)	0 - 1
6. V ktorom štáte sme? (akceptuje sa iba správna odpoveď)	0 - 1
7. V ktorom kraji sme? (akceptuje sa iba správna odpoveď)	0 - 1
8. V ktorom sme meste? (akceptuje sa iba správna odpoveď)	0 - 1
9. Ako sa volá táto budova? (akceptuje sa iba správna odpoveď)	0 - 1
10. Na ktorom poschodí budovy sa nachádzame? (akceptuje sa iba správna odpoveď)	0 - 1
Krátkodobá pamäť 11. Opakujte tieto slová: strom, okno, kniha (alebo citrón, kľúč, balón). (Požiadajte pacienta, aby slová zopakoval. Posudzovateľ má vysloviť slová rýchlosťou 1 slovo za sekundu. Pri ťažkostiach možno zopakovať 5x. Pacient má na pokus 20 sekúnd na odpoveď. Za každú správnu odpoveď dostane 1 bod.)	0-1-2-3
Pozornosť a počítanie 12. Odpočítajte číslo 7 od čísla 100 (alebo hláskovanie slova POKRM odzadu). (Za každé správne odpočítanie je 1 bod. Po 5 odpočítaniach sa pacient zastavi. Možno opakovať 3x, ak sa pacient zastavi. Na odpoveď má pacient minútu.)	0-1-2-3-4-5
Pamäť 13. Opakovanie slov z úlohy č. 11. Spomeňte si na slová, ktoré som vám povedal. (Pacient má na úlohu 10 sekúnd, 1 bod dostane za každú správnu odpoveď bez ohľadu na poradie slov.)	0-1-2-3
Vyššie kognitívne funkcie 14. Spoznanie a pomenovanie hodín. (Ukážte náramkové hodinky. Opýtajte sa pacienta „Ako sa toto nazýva?“ Neakceptuje sa čas, budík a pod.) 15. Spoznanie a pomenovanie ceruzky. (Ukážte ceruzku. Opýtajte sa pacienta „Ako sa toto nazýva?“ Neakceptuje sa pero.) 16. Opakovanie vety. „Nijaké keď a alebo ale“. 17. Porozumenie. Písomný 1-stupňový povel „Zatvorte oči“. 18. Trojstupňový povel „Vezmite papier do pravej / ľavej ruky“. (Pravák berie papier ľavou rukou, ľavák pravou.) „Prehnite ho na polovicu“. „Hodte ho na zem“. (1 bod je pridelený za každý správne splnený príkaz.) 19. Napísanie ľubovoľnej vety. Požiadajte pacienta, aby napísal nejakú vetu. Podajte mu papier a ceruzku. Časový limit je 30 sekúnd. Veta musí mať zmysel, chyby sa neberú do úvahy. 20. Obkreslenie dvoch obrazcov (podľa predlohy). Prienik dvoch päťuholníkov musí byť štvoruholník. Akceptuje sa pootočená a krivá čiara. Počet pokusov je neobmedzený. Časový limit je 1 minúta.	0 - 1 0 - 1 0 - 1 0 - 1 0-1-2-3 0 - 1



3. *Vyšetrojúci spočíta jednotlivé body, vyhodnotí výsledky, s ktorými oboznámi vyšetrovaného.*

Výsledková časť

1. Vyhodnoťte výsledok testu kognitívnych funkcií podľa výsledného skóre SMMSE: 30 – 25 bodov: norma, bez kognitívnej poruchy; 24 – 20 bodov: mierna kognitívna porucha; 19 – 10 bodov: stredná kognitívna porucha; 9 – 0 bodov: ťažká kognitívna porucha.
2. Urobte diagnostický záver.

Diagnostický záver

1. Podľa výsledku SMMSE diagnostikujte kognitívne funkcie - norma, mierna, stredná a ťažká kognitívna porucha.
2. Napíšte možné príčiny vedúce k patologickým výsledkom.

Vyšetrenie laterality

Lateralitu mozgových hemisfér je možné diagnostikovať viacerými spôsobmi, napríklad aj pomocou dotazníka. Špeciálnym testom na zisťovanie spracovania informácie ľavou a pravou hemisférou je *Stroopov test*.

Potrebný materiál:

Špeciálny set pomôcok na určovanie laterality, Edinburghský dotazník ručnosti

Postup:

Začneme s vyšetrovaním motorickej laterality na horných a dolných končatinách:

1. *Určenie vedúcej ruky: prikážeme navliecť niť do uška ihly alebo nakresliť obrázok. Pozorujeme, ktorá ruka je dominantná (t.j. ktorou rukou bolo vykonané navlieknutie alebo nakreslenie) a určíme vedúcu ruku.*
2. *Určenie vedúcej nohy: prikážeme kopnúť do pripravenej lopty. Pozorujeme, ktorá noha je dominantná (t.j. ktorou nohou bolo vykonané kopnutie) a určíme vedúcu nohu.*

Pokračujeme s vyšetrením senzorickej laterality:

1. *Určenie vedúceho ucha: prikážeme spontánne priložiť mobilný telefón k uchu. Pozorujeme, ktoré ucho je dominantné (t.j. ku ktorému uchu prebehlo spontánne priloženie).*
2. *Určenie vedúceho oka: prikážeme spontánne priložiť pripravený ďalekohľad k oku. Pozorujeme, ktoré oko je dominantné (t.j. ku ktorému oku prebehlo spontánne priloženie).*

Na záver aplikujeme Edinburghský dotazník ručnosti (podľa Ostatníková a spol., 2017):

1. *Vyšetrovaný prečíta otázky v dotazníku a odpovie na každú z nich tak, že vyplní jednotlivé kolónky.*
2. *Priradíme jednotlivé čísla pre hodnotenie nasledovne: „-50“ (vždy ľavou); „-25“ (obvykle ľavou); „0“ (žiadna preferencia); „+25“ (obvykle pravou); „+50“ (vždy pravou).*
3. *Spočítame jednotlivé hodnoty v celej tabuľke a určíme tzv. laterality quotient (LQ).*

4. Vo výsledkovej časti je uvedené hodnotenie, podľa ktorého určíme výsledok Edinburghského dotazníka ručnosti.

	vždy ľavou	obvykle ľavou	žiadna preferencia	obvykle pravou	vždy pravou
<i>písanie</i>					
<i>hádzanie</i>					
<i>strihanie</i>					
<i>čistenie zubov</i>					
<i>rezanie</i>					
<i>jedenie príborom</i>					
<i>škrtnutie zápalkou</i>					
<i>držanie počítačovej myši</i>					

Edinburghský dotazník ručnosti (podľa Ostatníková a spol., 2017)

Výsledková časť

1. Určíte motorickú a senzorickú dominanciu.
2. Zhodnoťte výsledky Edinburghského dotazníka ručnosti nasledovne podľa LQ: LQ: +400 do +200 – pravorukosť, LQ: +200 do -200 - zmiešaná ručnosť, LQ: -200 do -400 - ľavorukosť.
3. Urobte diagnostický záver.

Diagnostický záver

1. Diagnostikujte lateralitu – sinistralita, dextralita, ambidextria.
2. Diagnostikujte pravorukosť, ľavorukosť alebo zmiešanú ručnosť na základe Edinburghského dotazníka ručnosti.

Stroopov test – vyšetrenie

Podstatou Stroopovho testu je tzv. perцепčná záťaž, počas ktorej ide o konkrétny konflikt dvoch mozgových hemisfér, pričom pravá hemisféra rozlišuje farbu slova a ľavá hemisféra odlišuje a hľadá adekvátny výraz (teda názov farby). Inými slovami, princíp spočíva v tom, že názov

farby je napísaný inou farbou, ako je tá, ktorú slovo označuje (napríklad slovo **zelená** je napísaná **oranžovou farbou**). Vyšetrovaný má tendenciu čítať slovo kvôli tzv. kognitívnej automatizácii (v tomto prípade zelená) a nie prečítať farbu, ktorou je slovo napísané (v tomto prípade oranžová). Vzniká konflikt dvoch hemisfér – pravá rozoznáva farbu a ľavá hľadá adekvátny výraz pre názov farby.

Vyšetrovacie metódy (elektroencefalografia, objektívne neurozobrazovacie metódy) odhalili zvýšenú aktivitu v špecifických oblastiach mozgu, ktoré sú zodpovedné za kognitívne funkcie – *frontálna a prefrontálna kôra, cingulárna kôra (zodpovedná za emócie), hipokampus (zodpovedný za pamäť)*.

Žltá, čierna, červená, zelená,
modrá, červená, žltá, čierna,
čierna, žltá, červená, zelená,
červená, čierna, zelená, modrá,
modrá, zelená, žltá, červená,
žltá, červená, čierna, červená

Stroopov test

(upravené podľa zdroja: https://en.wikipedia.org/wiki/Stroop_effect)

Potrebný materiál:

Jednotlivé verzie Stroopovho testu – počítačový program, papierová forma

Postup:

1. Vyšetrovaný si pohodlne sadne a oboznámime ho s podstatou Stroopovho testu a inštrukciami pre jeho vykonanie.
2. Vyšetrovaný začne čítať čo najrýchlejšie a najpresnejšie nahlas **farbu napísaného slova** – *správna odpoveď, nie význam slova* – nesprávna odpoveď.

Dôležité je uvedomiť si, že niekedy môže byť slovo napísané istou farbou mať aj rovnaký význam (napríklad slovo „modrá“ je napísané modrou farbou).

3. *Zapisujeme správnosť odpovedí a meriame čas, ktorý je potrebný na odpoveď (tzv. reakčný čas potrebný na vypracovanie správnych odpovedí.*

Výsledková časť

1. Vypočítajte počet správnych odpovedí z celkového počtu slov.
2. Vypočítajte počet nesprávnych odpovedí z celkového počtu slov.
3. Napíšte hodnotu reakčného času.
4. Urobte diagnostický záver.

Diagnostický záver

1. Diagnostikujte faktory, ktoré mohli viesť k horšiemu výsledku Stroopovho testu (napríklad nepochopenie úlohy, nepozornosť).

VYŠETRENIE ZMYSLOV – zrak a sluch

Vyšetrenie zrakového a sluchového zmyslu patrí medzi dôležité vyšetrenia v klinickej praxi ako aj v preventívnej medicíne. Z hľadiska vyšetrenia zraku je dôležitá *oftalmoskopia*, ktorá umožňuje pozorovanie reflexu a štruktúr očného pozadia (využíva sa ako diagnostická metóda pre posúdenie stavu ciev napr. pri hypertenzii). Z hľadiska vyšetrenia sluchu je dôležité vyšetrenie normálneho sluchu s následnou diagnostikou možnej *prevodovej chyby* (poškodenie stredoušia ako prevodového systému) alebo *percepčnej chyby* (poškodenie vnútorného ucha). Dôležité je uvedomiť si základný princíp, že zdravé ucho vníma zvuk vzdušnou cestou (t.j. prevodom cez bubienok a stredoušnými kostičkami) dlhší čas v porovnaní s kostným vedením. To znamená, že pri ochorení prevodového aparátu (stredoušie) sa zvýrazní vedenie zvuku kost'ou, pri ochorení vnútorného ucha ostáva vnímanie zvuku dlhšie vzdušnou cestou. Na demonštráciu diagnostiky možných porúch prevodu zvuku použijeme Rinného skúšku.

Potrebný materiál:

Oftalmoskop, ladičky stredného rozsahu tónov

Postup:

1. *Oftalmoskopia - vyšetrujeme v zatemnenej miestnosti, pri pozorovaní pravého oka vyšetrujeme pravým okom a naopak, ľavé oko vyšetrujeme ľavým okom.*
2. *Priložíme oftalmoskop k oku a pozorujeme červenohnedý reflex očného pozadia.*
3. *Papilu optického nervu pozorujeme tak, že vyzveme vyšetrovaného, aby sa pozeral popri našom uchu donekonečna.*
4. *Žltú škvrnu (macula lutea) pozorujeme tak, že vyzveme vyšetrovaného, aby sa pozeral priamo do oftalmoskopu.*
5. *Sluch vyšetrujeme v tichej miestnosti použitím ladičiek.*
6. *Rinného skúška – rozozvučaniu ladičku priložíme na processus mastoideus. Keď vyšetrovaný prestane zvuk počuť, okamžite preložíme ladičku pred jeho ucho. Ak počuje dlhšie – Rinného skúška je pozitívna (R+), čo indikuje normálny sluch alebo percepčnú chybu. Ak nepočuje, skúšku obrátíme, t.j. začneme s vyšetrovaním pred zvukovodom a po doznení zvuku ladičky priložíme na processus mastoideus. Ak vyšetrovaný ladičku počuje, kostné vedenie je lepšie – Rinného skúška je negatívna (R-), čo indikuje prevodovú chybu.*

Výsledková časť

1. *Napíšte výsledok pozorovania pri oftalmoskopii.*
2. *Napíšte výsledok Rinného skúšky.*
3. *Urobte diagnostický záver.*

Diagnostický záver

1. *Diagnostikujte normálny sluch, možnú prevodovú alebo percepčnú chybu na základe vlastných výsledkov.*

Kontrolné otázky – časť Fyziológia nervového systému:

1. *Aké základné funkcie centrálneho nervového systému poznáte?*
2. *Aký je rozdiel medzi vyššou a nižšou nervovou sústavou?*
3. *Čo je reflex a ako charakterizujeme reflexný oblúk?*
4. *Ako je možné rozdeľovať reflexy?*
5. *Kde sa nachádza spinálne centrum pre bicipitový reflex?*
6. *Kde sa nachádza spinálne centrum pre tricipitový reflex?*
7. *Kde sa nachádzajú spinálne centrá pre jednotlivé abdominálne reflexy?*
8. *Čo označujeme pojmom kognitívne funkcie?*
9. *Aký je rozdiel medzi monosynaptickým a polysynaptickým reflexom?*
10. *Čo označuje pojem ambidextria?*
11. *Vysvetlite pojem lateralita hemisfér a funkcie pravej a ľavej hemisféry. V čom sú odlišnosti?*
12. *Čo znamená pojem reakčný čas?*
13. *Aké sú indikácie pre vyšetrenie Stroopovho testu?*
14. *Aká je funkcia sympatikového nervového systému?*
15. *Charakterizujte autonómny nervový systém z hľadiska eferentnej dráhy.*
16. *Charakterizujte sluchový zmysel a prevod zvuku.*
17. *Charakterizujte zrakový zmysel a možné refrakčné ochorenia.*

Literatúra

1. Čalkovská, A. a kolektív: Fyziológia človeka pre nelekárske študijné programy. Vysokoškolská učebnica, 3. prepracované vydanie, Vydavateľstvo Osveta, 2023, 223 s.
2. Javorka, K. a kolektív: Lekárska fyziológia. Učebnica pre lekárske fakulty - Prvý a druhý diel, Vydavateľstvo Osveta 2021, 773 s.
3. Ostatníková, D. a kolektív: Praktické cvičenia z lekárskej fyziológie. Vysokoškolské skriptá. Univerzita Komenského v Bratislave, Lekárska fakulta, Vydavateľstvo UK, 2013, 210 s.
4. Čalkovská, A. a kolektív: Návod k praktickým cvičeniam z fyziológie. Vysokoškolské skriptá. Jesseniova lekárska fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Vydavateľstvo UK, 2017, 153 s.
5. Štandardné diagnostické a terapeutické postupy pre pedopsychiatrickú a psychologickú starostlivosť u detí a adolescentov s mentálnou anorexiou. Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky, 2021, zdroj: file:///D:/Downloads/15_1-SDTP-pre-pedopsychiatricku-a-PS_o-deti-a-adolescentov-s-mentálnou-anorexiou.pdf
6. Primárna artériová hypertenzia v detskom veku. Štandardné diagnostické a terapeutické postupy, Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky, 2021, zdroj: file:///D:/Downloads/11_2-Primarna-arteriova-hypertenzia-v-detskom-veku-OPS-ped_kardiologia.pdf
7. Komplexný manažment dospelého pacienta s artériovou hypertenziou v ambulantnej zdravotnej starostlivosti – 2. revízia. Štandardné postupy, Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky, 2023, zdroj: [file:///D:/Downloads/VLD_KM-dospelého-pacienta-s-AH-v-AZS-2_revizia%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/VLD_KM-dospelého-pacienta-s-AH-v-AZS-2_revizia%20(1).pdf)
8. Peter Ornst: Hemokoagulačný skrining - indikácie na vyšetrenie a hodnotenie výsledkov (zdroj: <https://www.unilabs.sk/clanky-invito/hemokoagulacny-skrining-indikacie-na-vysetrenie-hodnotenie-vysledkov>)
9. Task Force on the management of elevated blood pressure and hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and endorsed by the European Society of Endocrinology (ESE) and the European Stroke Organisation (ESO): ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension, European Heart Journal, 2024, 45, 3912–4018.