

III. blok

- 7. EKG***
- 8. Metabolismus***
- 9. SIM vztah respirace a cirkulace***

7. Elektrokardiologie

Elektrokardiografie (EKG)

. Úvod

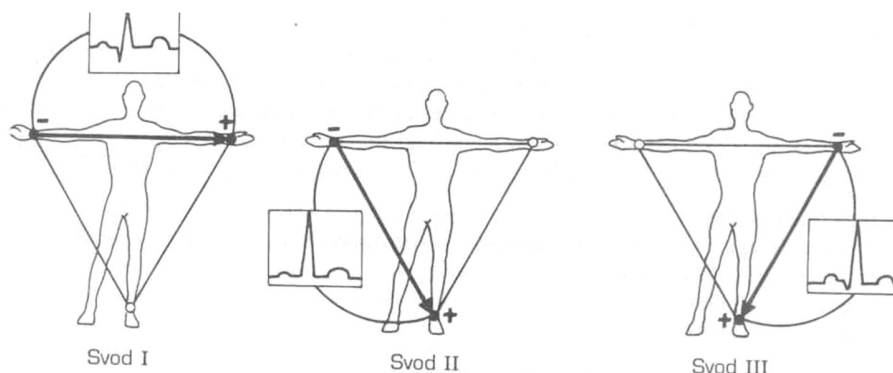
Elektrokardiografie patří již několik desítek let mezi nejběžnější a také nejcennější vyšetřovací metody v kardiologii. Nelze však nikdy zapomenout, že řada změn, které se mohou na EKG signálu objevit, je nespecifických a nemohou proto sloužit k jednoznačnému stanovení diagnostického závěru. Vždy je třeba brát v úvahu také další klinicky významné příznaky a výsledky jiných vyšetření.

Během každého cyklu elektrické aktivace srdce se vytváří elektrické pole, které lze zaznamenávat systémem elektrokardiografických svodů z povrchu těla.

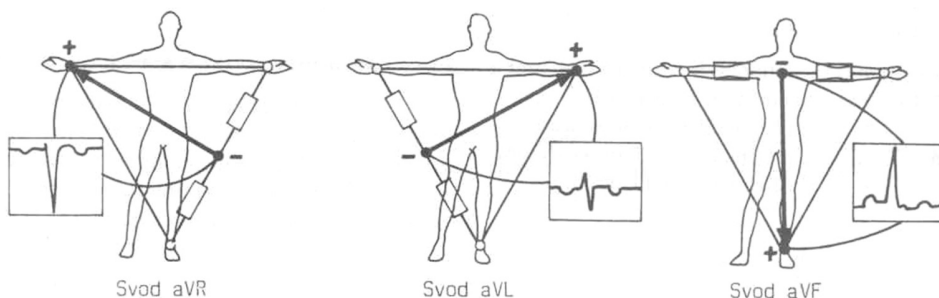
Standardní **bipolární končetinové** svody I, II a III zaznamenávají rozdíly elektrických potenciálů mezi dvěma místy lidského těla (obr. 6.1).

Pseudounipolární končetinové svody aVR, aVL a aVF používají jednu tzv. explorativní elektrodu a zaznamenávají rozdíl elektrického potenciálu mezi touto elektrodou a elektrodou indifferenční, která je vytvořena spojením kabelů ze zbývajících dvou končetin (tzv. Goldbergerova svorka – obr. 6.2.).

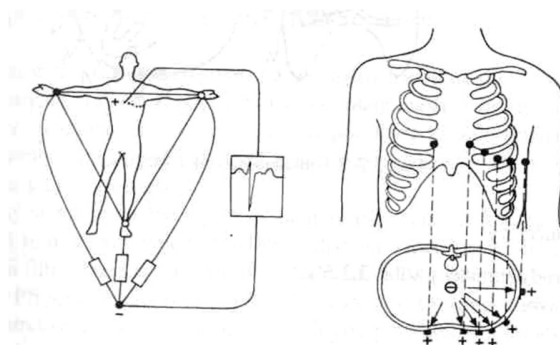
Unipolární hrudní svody V1 až V6 používají jako indifferenční elektrodu svorku vytvořenou spojením kabelů ze všech tří používaných končetinových elektrod přes odpor 5 k Ω (tzv. Wilsonova svorka – obr. 6.3.).



Obr. 6.1. Uspořádání bipolárních končetinových svodů



Obr. 6.2. Uspořádání pseudounipolárních končetinových svodů



Obr. 6.3. Uspořádání unipolárních hrudních svodů

Srdeční myokardiální buňky po elektrickém podráždění generují akční napětí, které může být u každé buňky vyjádřeno elementárním vektorem. Sečteme-li v daném okamžiku všechny elementární vektory, vzniká tzv. okamžitý vektor. Obecně platí, že ve svodech, ke kterým okamžitý srdeční vektor právě směřuje, se zapisuje pozitivní výchylka, kdežto ve svodech, od kterých se orientace okamžitého vektoru vzdaluje, registrujeme zápornou výchylku. Pokud probíhá vektor rovnoběžně s linií svodu, promítá se na něj celou délkou a na EKG registrujeme maximální výchylku. Pokud vektor směřuje kolmo k linii svodu, zaznamenáme nulovou výchylku.

Elektrokardiografické svody

Bipolární svody I, II a III registrují rozdíly mezi elektrickými potenciály na dvou explorativních elektrodách:

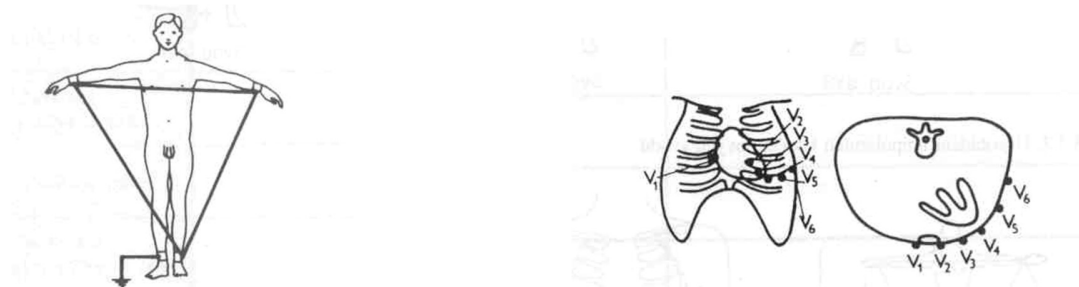
- svod I mezi pravou a levou horní končetinou,
- svod II mezi pravou horní a levou dolní končetinou,
- svod III mezi levou horní a levou dolní končetinou.

Pseudounipolární končetinové svody zaznamenávají elektrický potenciál:

- aVR z pravé horní končetiny, proti rozdílu potenciálů z levé horní a dolní končetiny
- aVL z levé horní končetiny, proti rozdílu potenciálů z pravé horní a levé dolní končetiny
- aVF z levé dolní končetiny, proti rozdílu potenciálů z pravé a levé horní končetiny.

Takto obdržíme 6 končetinových svodů (3 bipolární a 3 pseudounipolární) zaznamenávaných končetinovými elektrodami (obr. 6.1., 6.2.), které jsou umístěny následovně:

- žlutá L předloktí levé horní končetiny,
- červená R předloktí pravé horní končetiny,
- zelená F bérce levé dolní končetiny,
- černá N (zemní) bérce pravé dolní končetiny.



Obr. 6.4. vlevo: Eithovenův trojúhelník a zemní elektroda vpravo: Umístění hrudních elektrod

Hrudní svody, kterých je celkem rovněž 6, mají elektrody umístěny (obr. 6.4.):

- červená V1 4. mezižebří parasternálně vpravo,
- žlutá V2 4. mezižebří parasternálně vlevo,

zelená	V3	mezi V2 a V4,
hnědá	V4	5. mezižebří medioklavikulárně vlevo,
černá	V5	mezi V4 a V6,
fialová	V6	ve stejné výši jako V4 ve střední axilární čáře vlevo.

Referenční elektroda hrudních svodů je ve středu Wilsonovy svorky (obr. 6.3.).

Je třeba si uvědomit, že kvalita záznamu je z velké části závislá na kvalitě elektrod a přípravě pacienta na vyšetření. Elektrody přikládáme vždy po důkladném očištění a odmaštění kůže pod elektrodami. Před přiložením elektrod nanese na kůži pod elektrodami tenkou vrstvu EKG gelu. V případě potřeby doporučujeme ještě před tím kůži pod elektrodami oholit, popřípadě otřít rohovou vrstvu kůže drsnější tkaninou.

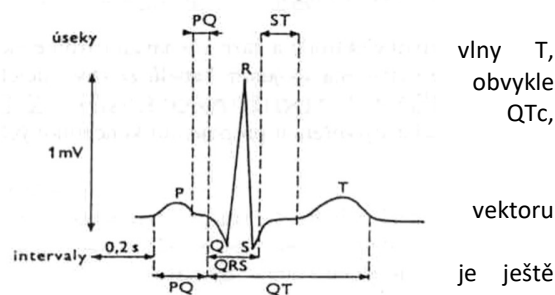
Odpor na elektrodě klesne až po chvíli, kdy gel pronikne do rohové vrstvy kůže, proto také kvalita záznamu s časem roste. Je tedy lepší po nanesení gelu a přiložení elektrod chvíli počkat, než začneme pořizovat záznam. Velkou roli pro celkovou kvalitu záznamu hraje také zemní elektroda.

Elektrokardiografická křivka

Při posuzování elektrokardiografické křivky si všímáme řady parametrů. Při *rutinním* popisu EKG je třeba uvádět jako nezbytnou součást klinického vyhodnocení tyto údaje:

- **rytmus** – zdroj srdečního rytmu. Fyziologický rytmus z SA uzlu označujeme *sinusový rytmus*,
- **akce** – pravidelná nebo nepravidelná,
- **tepová frekvence** (z intervalu RR: 60/trvání RR v sekundách, normálně 60–80 min⁻¹),
- **trvání vlny P** (od začátku vlny P do konce vlny P, normálně 60–100 ms),
- **interval PQ** (od začátku vlny P do začátku komplexu QRS, normálně 120–200 ms, ale POZOR, u trénovaných sportovců s bradykardií může být i delší),
- **šíří QRS** (od začátku do konce komorového komplexu, normálně 60–100 ms),
- **interval QT** (od začátku komplexu QRS do konce jeho délka závisí na tepové frekvenci a proto se normalizuje na tepovou frekvenci 60 za min – tzv. normální hodnota QTc je 0,340–0,420 s, ale může se prodlužovat s věkem),
- **sklon elektrické osy srdeční** (směr sumačního QRS ve frontální rovině, normálně –15° až +105°).

Analýza EKG prováděná *specializovanými* lékaři – kardiology podrobnější a bude předmětem studia ve vyšších ročnících.



Obr. 6.5. Konfigurace EKG křivky

Předzpracování naměřeného záznamu

U klasických EKG přístrojů je signál zaznamenáván analogově a vykreslován na papír (nejčastěji termicky na termocitlivý papír). Posun papíru přitom určuje podrobnost záznamu v časové složce, nastavení měřítka v amplitudové složce. Standardně se používá rychlost posunu papíru:

25 mm/s (1 mm pak představuje 40 ms), nebo podrobnější:

50 mm/s (1 mm představuje 20 ms),

a amplituda:

1 cm/mV, vzácněji 2 cm/mV, nebo ½ cm/mV.

U modernějších přístrojů je signál během předzpracování převáděn do digitální podoby. V předzpracování prochází EKG signál především dvěma operacemi: jednak analogově digitálním převodem a jednak filtrací.

Analogově digitální převod znamená, že změny napětí na snímacích elektrodách zaznamenávané kontinuálně v čase jsou převedeny na řady čísel, odpovídající hodnotám napětí v určitých časových intervalech. Délka těchto intervalů je určována tzv. vzorkovací frekvencí. Ta určuje počet vzorků zaznamenaných z každého svodu za 1 s. Čím vyšší je vzorkovací frekvence, tím přesněji je EKG záznam zaregistrován, ale na druhou stranu je pak také náročnější na zpracování i kapacitu paměti počítače.

Pořízený signál je možné v případě nadměrného zatížení šumem filtrovat různými filtry podle povahy šumu: Nízkofrekvenční šum se projevuje rytmickým kolísáním izoelektrické linie (např. v rytmu dýchání). Můžeme se jej zbavit pásmovými filtry, které odstraňují nízké frekvence. Tyto filtry však mohou zkreslit pomalejší děje, tedy zejména vlnu P a vlnu T. Při jejich hodnocení je proto třeba zvažovat i skutečnost, zda byl nebo nebyl některý z těchto filtrů použit.

Vysokofrekvenční šum se projevuje rychlými pravidelnými kmity. Odstraňuje se pásmovými filtry, které eliminují vysoké frekvence. Tyto filtry mohou zkreslit komplex QRS, především snížit jeho amplitudu! Na to je třeba pamatovat zejména tehdy, kdy je amplituda komorového komplexu použita ke stanovení diagnózy.

Nepravidelný šum se projevuje nepravidelnými rychlými kmity kolísavé amplitudy. Odstraňujeme jej šumovým filtrem.

Síťový šum se projevuje pravidelnými kmity s frekvencí 50 Hz. Odstraňujeme jej síťovým filtrem. Také tento filtr může snížit amplitudu komorového komplexu.

I tyto přístroje dodržují výše uvedená standardní časová a amplitudová měřítka.

Úkoly

1. Pořízení EKG záznamu
2. Parametry EKG záznamu

6.1.5. EKG záznam

Provedení:

1. Na jednom dobrovolníkovi provedeme EKG záznam při rychlosti posunu papíru 25 mm/s alespoň po dobu 1–2 min.
2. Ve druhé polovině záznamu necháme vyšetřovaného zhluboka dýchat.
3. Pak uděláme 25–30 s záznam při rychlosti posunu 50 mm/s.
4. Do protokolu vlepíme jednu akci pořízenou při rychlosti posunu papíru 50 mm/s ve všech 12 svodech a popíšeme jednotlivé svody (vlevo nalepíme končetinové, vpravo hrudní).
5. Křivky proměříme a vyplníme následující protokol o vyšetření.
6. Vlepíme desetisekundový proužek z jednoho svodu z úseku hyperventilace.
7. Popíšeme, zda se mění interval RR během vlepěného úseku, a vysvětlíme případné změny rytmu.
8. Určíme sklon elektrické osy srdeční do předkresleného obrázku 6.7.B.

Hodnocení:

Jméno vyšetřovaného:

Datum vyšetření:

Sledované parametry		Sledované parametry	
Tepová frekvence		Amplituda P v II.	mV
Trvání vlny P		Amplituda S ve V2	mV
Interval PQ		Amplituda T ve V2	mV
Komplex QRS		Amplituda R ve V5	mV
Interval QT		Amplituda T ve V5	mV
Pravidelnost rytmu		Amplituda T ve V1	mV

Popis EKG záznamu

1. Identifikace vln, kmitů a intervalů

Při prohlížení EKG záznamu nejprve zjistíme, zda akce má všechny náležitosti, tj. zda má vlnu P (depolarizace síní), komorový komplex QRS (depolarizace komor) a vlnu T (repolarizace komor). Pak změříme jednotlivé intervaly na vybrané srdeční akci.

Zkontrolujeme, zda všechny srdeční akce na záznamu mají vlnu P a zda se interval PQ neliší mezi jednotlivými akcemi

a zda mají všechny komplexy QRS v jednom svodu vždy stejný tvar.

2. Určení srdeční frekvence

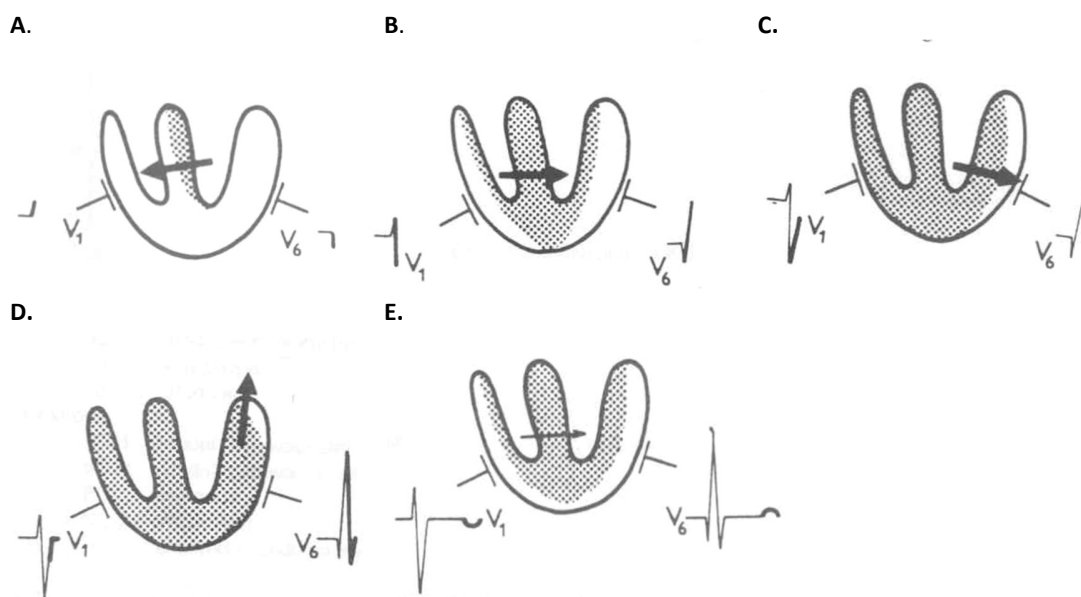
Změříme interval RR a spočítáme tepovou frekvenci:

trvání srdeční revoluce = vzdálenost RR / rychlost posunu papíru,

srdeční frekvence = 60 / trvání srdeční revoluce.

3. Interpretace tvaru komorového komplexu, úseku ST a polarity vlny T

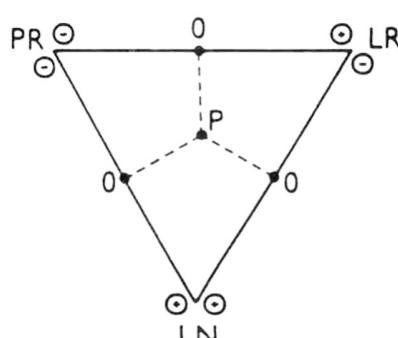
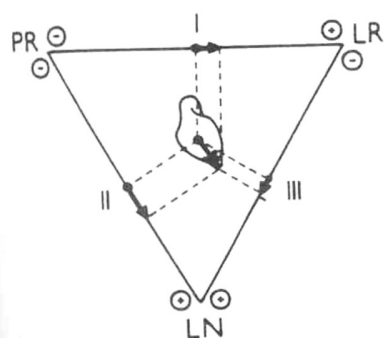
V komplexu QRS platí obecná zásada, že směřuje-li směr postupu vlny depolarizace směrem k registrační elektrodě (u unipolárního svodu) nebo od záporného ke kladnému pólu bipolárního svodu, zaznamenává se kladná výchylka. Směřuje-li vlna depolarizace od registrační elektrody (resp. od kladného k zápornému pólu svodu), je na záznamu výchylka negativní (např. svod V1 na obr. 6.6.B. a C.).



Obr. 6.6. **A.** Depolarizace mezikomorového septa, **B.** Depolarizace volných stěn komor od endokardu, **C.** Depolarizace subepikardiálních vrstev levé komory, **D.** Depolarizace bazální části levé komory **E.** Repolarizace komor

A.

B.



Obr. 6.7. **A.** Elektrická osa srdeční a její konstrukce, **B.** určení sklonu elektrické osy srdeční

Úsek ST má být ve všech svodech přibližně v izoelektrické linii, u mladších jedinců se nalézá často ascendentní průběh, kdy úsek směřuje od komorového komplexu přímo vzhůru do vlny T, takže je úsek ST obtížně identifikovatelný. Takový průběh ST úseku není patologický a v popisu EKG se uvádí jako „syndrom časná repolarizace“.

Vlna T. Repolarizace postupuje opačně než depolarizace (od epikardu k endokardu) a síla elektrického pole je v

důsledku pomalejšího postupu myokardem nižší než při depolarizaci, takže i výsledná výchylka je nižší. S výjimkou V1 by měla být polarita T vlny v hrudních svodech kladná (vektor směřuje doleva, protože jeho směr určuje repolarizace stěny levé komory) (obr. 6.6.E.), u končetinových svodů platí obecná zásada, že polarita vlny T má být totožná s polaritou největšího kmitu komplexu QRS.

4. Určení sklonu elektrické osy srdeční

Elektrická osa srdeční odpovídá směru maximálního okamžitého vektoru depolarizace ve frontální rovině. Směřuje od srdeční báze k hrotu a nejsnáze ji určíme z klasických bipolárních končetinových svodů, uspořádaných do tzv. Einthovenova trojúhelníku (obr. 6.7.A.).

Nejprve stanovíme velikost vektorové složky depolarizace ve svodech I a II: změříme výšku jednotlivých kmitů QRS komplexu a od pozitivní výchylky R odečteme negativní výchylky svodů Q a S. Výslednou hodnotu nanese pro oba svody na příslušnou stranu trojúhelníku tak, že je-li výsledná výchylka kladná, směřuje vektor od záporného pólu svodu ke kladnému, je-li záporná, směřuje od kladného k zápornému. Směr elektrické osy srdeční je určen spojnici počátku souřadnicového systému a průsečíku kolmic na jednotlivé strany trojúhelníku v místě konců vektorů (obr. 6.7.B.).

Kontrolní otázky:

1. Vysvětlíte, proč na křivce není vidět projev repolarizace síní.
2. Jak se změní záznam EKG při pohybu pacienta a proč?
3. Jsou totožné – anatomická a elektrická osa srdeční?

8. Měření metabolismu u člověka

Úvod

Pojem metabolismus vyjadřuje soubor všech chemických a energetických přeměn v organismu.

V tomto praktickém cvičení se chceme věnovat pouze energetickým bilancím organismu. Popis anabolických a katabolických dějů, kterými se zabývá biochemie, zde zcela vynecháme.

Smyslem této kapitoly je uvědomit si, jaké energetické nároky organismus má na pouhé zachování života, kolik energie navíc spotřebuje na fyzickou aktivitu, na udržení teploty, když je zdravý a je vystaven chladu nebo naopak není-li zdravý a má vysokou teplotu. Dalším krokem bude pochopit, že energetické nároky a jejich krytí jsou poměrně jednoduše dopočitatelné. Tato dovednost patří ke vzdělání lékaře, což ilustrujeme dvěma krajními situacemi, které budete v budoucnu řešit:

- léčba obezity
- vedení výživy pacienta v těžkém stavu, který sám potravu nepřijímá

V obou případech vyvstane otázka: Kolik výživy má dostat, aby jeho energetická bilance byla vyrovnaná nebo přiměřeně negativní či pozitivní.

Vyrovnaná energetická bilance představuje stav, kdy se příjem energie se rovná výdeji.

$\text{Přijem} = \text{Výdej}$

Přijem energie je zajišťován potravou. Organismus je zabezpečen proti období přerušného přísunu potravy (i třeba na delší dobu) schopností tvořit zásoby (lipidy v podobě tukové tkáně, proteiny, například svalové a sacharidy jako jaterní a svalový glykogen). Ty jsou v případě přerušení příjmu potravy substrátem pro regeneraci tkání a zdrojem energie.

$\text{Přijem} = \text{Výdej} \pm \text{zásoby}$

Oba krajní případy: přebytek i nedostatek potravy mají závažné důsledky pro organismus. (Nutnost správného složení potravy zatím necháváme stranou, i když je pro zdraví velmi důležité.)

Obezita je spojena s rozvojem metabolického syndromu (hypertenze, ateroskleróza, hyperlipoproteinémie, diabetes mellitus II. typu), zatěžuje pohybový aparát, rozvíjí se rychleji artróza kloubů a je dokonce i rizikovým faktorem mnohých malignit.

Převaha výdeje energie nad jejím příjmem vede k hubnutí až kachektizaci organismu. Udržení vyrovnané energetické bilance je důležité kvůli dobré funkci organismu. Při podvýživě například vážné regenerace tkání, hojení, obranyschopnost proti infekci. Hormonální regulace organismu může být rovněž dysfunkční, protože řada hormonů je vázána na tukovou tkáň.

Regulace příjmu potravy:

Při dostatku energetických zdrojů je zajištění vyrovnané energetické bilance organismu regulováno na dvou úrovních. Jednak krátkodobě, v horizontu jednoho jídla (dosažení sytosti inhibuje další příjem potravy) a jednak dlouhodobě udržováním konstantního množství zásob (tukové tkáně). Dlouhodobé zpětné vazby inhibující příjem potravy (je-li množství zásob již dostatečné) jsou bohužel poměrně subtilní, a je proto možné je vůlí překonat. (Doporučená literatura: J. Mysliveček, Hypotalamus, Regulace příjmu potravy, učebnice Lékařské fyziologie O. Kittnara a kolektivu autorů)

Cílem praktika je pochopit a naučit se:

1. Kvantifikovat obsah energie v potravě

2. Vyčíslit energetické nároky organismu
3. Změřit aktuální energetickou potřebu organismu
4. Zhodnotit alespoň zhruba stav výživy (množství tukových zásob) jedince
5. Seznámit se s funkcemi hormonů štítné žlázy

1. Obsah energie v potravě

Zdrojem energie jsou sacharidy, tuky a bílkoviny v potravě.

Energetický obsah složek je určen jejich spalným teplem.

Sacharidy: 17 kJ/g Tuky: 39 kJ/g Bílkoviny: 23 kJ/g

Jedná se o energii, která se uvolní úplným spálením 1 g živiny na CO_2 a H_2O za přítomnosti O_2 .

Degradací bílkovin in vivo vznikají metabolické produkty, s nezanedbatelným energetickým obsahem (např. močovina), které už lidský organismus dále neštěpí. Proto fyziologická energetická hodnota bílkovin (reálně využitelný energetický obsah) je 17 kJ/g.

Podrobnosti viz Atlas fyziologie člověka, Silbernagl et. al.

Zastoupení jednotlivých složek v potravě se může podle dietních zvyklostí lišit, ale v našich podmínkách obvyklá strava většinou obsahuje 60% sacharidů, 25% tuků a 15 % bílkovin.

Inspirace: všimněte si složení a kalorických hodnot potravin, které běžně jíte, je to poučné

2. Energetické nároky organismu

1. Bazální energetická přeměna (bazální metabolismus – BM) zajišťuje energii nutnou pro zachování života (aktivní transport přes membrány, krevní oběh, dýchání, činnost žláz s vnitřní sekrecí, růst a regenerace tkání).
2. Fyzická aktivita, vykonávání práce. Veškerá energie chemických vazeb není při fyzické aktivitě přeměněna na práci, jelikož se při pohybu uvolňuje energie tepelná. Poměr vykonané práce a spotřebované energie vynaložené na fyzickou aktivitu odpovídá účinnosti této fyzické aktivity. Přibližně si můžeme představit, že účinnost pohybové aktivity člověka je okolo 30%.
3. Termoregulace. Pro udržení stálé tělesné teploty potřebuje organismus energii.
 - Mechanismy zadržení nebo zvýšené produkce tepla: vazokonstrikce v kůži, zvýšení svalového tonu, svalový třes, hormonální regulace účinnosti dýchacího řetězce (např. hormony štítné žlázy - zvýšení produkce tepla na úkor syntézy ATP), a další.
 - Mechanismy zvyšující tepelné ztráty a omezující produkci tepla: vazodilatace v kůži, zvýšená činnost potních žláz, snížení termogeneze, a další.
4. Procesy trávení a vstřebávání živin včetně uložení do zásob vyžadují energetický vklad. Tato položka se nazývá specificko - dynamický účinek potravy. Z energie obsažené v přijatých tucích a cukrech spotřebovává na specificko-dynamický účinek 4-6% jejich energetického obsahu, u proteinů je to mnohem více ($\pm 25\%$ energie v nich obsažených).

$E = \text{BM} + \text{energie vynaložená na fyzickou aktivitu} + \text{termoregulace} + \text{specificko-dynamický účinek potravy}$

Bazální metabolismus je množství energie, které organismus spotřebovává za standardních klidových podmínek:

- Relaxované bdění
- Fyzický i duševní klid, poloha vleže
- Termoneutrální prostředí (taková teplota okolí a oděv, při které organismus spotřebovává na udržení stálé tělesné teploty minimální energii)
- Stav nalačno, kdy už se neprojevuje specificko-dynamický účinek potravy

Množství energie spotřebované v bazálních podmínkách závisí na **věku** (mladší jedinci s převahou anabolismu mají hodnoty vyšší), **pohlaví** (muži s větším podílem svaloviny, metabolicky aktivnější tkáň, mají hodnoty rovněž vyšší) a samozřejmě na **velikosti organismu**.

Kromě toho hrají roli i další faktory. Příklady:

- Hormonální podmínění energetické homeostázy (je velmi složité, uvádíme jen ilustrační příklady):

- i. Individuálně vyšší bazální sekrece hormonů dřeně nadledvin (adrenalin) a hormonů štítné žlázy (T3, T4) zvyšuje energetickou spotřebu
- ii. Dlouhodobé hladovění snižuje bazální metabolismus (množství energie spotřebované za bazálních podmínek).
- Úroveň klidového svalového napětí: Úzkostná osoba s vyšším klidovým svalovým tonem má vyšší spotřebu energie za bazálních podmínek než jiná, spíše flegmatická osobnost s nižším svalovým napětím.

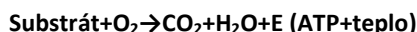
Pozn: zde se věnujeme pouze bazálnímu metabolismu za fyziologických podmínek. Z patologických příčin mohou být hodnoty bazálního metabolismu významně odlišné. (Např. hypertyreózu doprovází výrazné zvýšení energetické spotřeby snížením účinnosti oxidativní fosforylace.)

3. Měření energetické potřeby organismu

Aktuální hodnotu energetické přeměny konkrétního člověka lze změřit přímou nebo nepřímou kalorimetrií .

Přímá kalorimetrie vychází ze skutečnosti, že veškerá energie vydaná organismem se postupně uvolní ve formě tepla, které lze měřit v energeticky uzavřeném systému. Ilustrace viz Atlas fyziologie člověka, Silbernagl et. al.

Nepřímá kalorimetrie je mnohem méně náročná metoda, která využívá skutečnosti, že množství energie uvolněné v organismu je přímo úměrné množství spotřebovaného kyslíku.



Poměr spotřebovaného kyslíku a vyprodukované energie se nazývá **energetický ekvivalent kyslíku**. Jaké hodnoty nabývá, záleží na druhu substrátu, který se oxiduje.

Pokud určujeme energetickou přeměnu osoby se smíšenou skladbou potravy (60% sacharidů, 25% tuků a 15 % bílkovin), počítáme se **středním energetickým ekvivalentem kyslíku (SEE)**, což je energie o velikosti 20,1kJ, která se uvolní při utilizaci smíšené stravy 1 litrem kyslíku.

$$\text{SEE} = 20,1 \text{ kJ/l O}_2$$

Pro množství přeměněné energie za čas tedy platí:

$$\text{E} = \text{množství spotřebovaného kyslíku} \times \text{SEE}$$

Podrobnosti viz Atlas fyziologie člověka, kapitola 1, Výživa, trávení, Silbernagl et. al. – téma **respirační kvocient**.

Měřením energetické potřeby za bazálních podmínek u velké skupiny dobrovolníků všech věkových a váhových kategorií vznikly **Harris –Benediktovy tabulky**. Stejní autoři sestavili empirický výpočet, do něž je možno dosadit věk, váhu, výšku a pohlaví a **náležitou** hodnotu bazálního metabolismu dopočítat. Nazývá se **Harris-Benediktova rovnice**. V tabulkách vyhledaná nebo rovnicí dopočítaná hodnota bazálního metabolismu analogického člověka, se neshoduje přesně s hodnotami konkrétního člověka. Je tomu tak proto, že hormonální ladění energetické homeostázy je do jisté míry individuální. Orientačně lze však tyto přístupy využít nemáme-li měření k dispozici.

S ještě větší mírou nepřesnosti pro vaši kvantitativní představu lze říci, že pro mladou osobu (20-30 let) v komfortních tepelných podmínkách se spíše sedavým zaměstnáním (student medicíny) odpovídá energetická investice na bazální metabolismus 100 kJ/kg/den. Je to většina energetických investic (2/3 – 3/4) při tomto způsobu života.

Používané jednotky:

$$1 \text{ kcal} = 4,2 \text{ kJ}$$

1 kJ = 0,24 kcal

4. Hodnocení stavu výživy

Pro posouzení zdravotního stavu jedince je alespoň přibližné stanovení množství tukových zásob nezbytné. Ve vnitřním lékařství koreluje nadměrné množství zejména útrobního tuku s výskytem onemocnění srdce a cév, v gynekologii naopak chybění tělesného tuku s poruchami menstruačního cyklu a plodnosti. Výčet by mohl být pochopitelně mnohem delší.

Metody odhadu množství tělesného tuku

4.1. **Podíl tuku na celkové hmotnosti** může být posouzen **měřením tloušťky kožní řasy** nebo **vážením pod vodou**.

4.2. **Body mass index (BMI)**

V běžné praxi se nejčastěji používá stanovení **indexu tělesné hmotnosti - body mass index (BMI)**. Jednoduše ho spočítáme podle vztahu:

$$BMI = \frac{hmotnost[kg]}{(výška[m])^2}$$

Nebo jej lze odečíst z nomogramu na **obrázku 1**.

Z nomogramu získáme hodnotu BMI tak, že vedeme spojnicí mezi údajem naší výšky a údajem naší hmotnosti (krajní sloupce nomogramu) a tam, kde tato přímka protne sloupec BMI je naše hodnota indexu tělesné hmotnosti.

Hodnocení BMI pro dospělého osobu (podle WHO, zjednodušeno):

BMI [kg/m ²]	Hodnocení
méně než 18	podvýživa
18 – 25	přiměřená hmotnost
25 – 30	nadváha
30 – 40	obezita

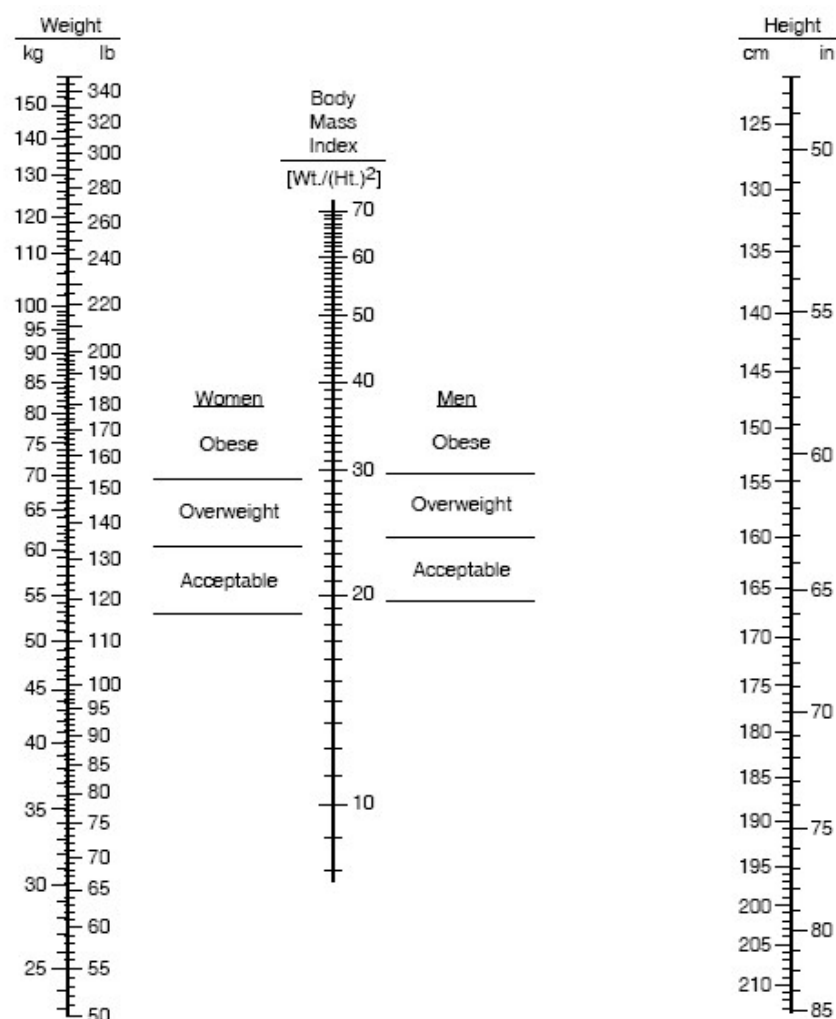
Komentář: BMI není zcela jednoznačný ukazatel pro hodnocení tělesné konstituce, protože nerespektuje zastoupení svalové a tukové tkáně. Z tohoto důvodu se v klinické praxi stále častěji používá poměr obvodu pasu a boků nebo pasu a celkové výšky (viz níže). Dále je potřeba upozornit na odlišné hodnocení v dětském věku (např. hodnoty, které odpovídají v 10 letech obezitě, mohou v 15 letech znamenat přiměřenou hmotnost.)

4.3. **Waste-hip ratio (WHR)**

Z hlediska rizika rozvoje metabolického syndromu hraje roli i rozložení tukové tkáně. Větší riziko představuje nahromadění útrobního tuku (apple-like obesity) ve srovnání s tukem na bocích a stehnech (pear-like obesity). Proto se posuzuje i **poměr obvodu pasu a boků, waste-hip ratio (WHR)**.

$$WHR = \text{obvod pasu (cm)} / \text{obvod boků (cm)}$$

Podle WHO je hranicí obezity pro ženy WHR 0.85 a pro muže 0.9.



Obr. 1. Nomogram pro stanovení indexu tělesné hmotnosti = BMI (body mass index)

5. Funkce hormonů štítné žlázy

Hlavním hormonem štítné žlázy je tyroxin (tetrajodtyronin, T₄, 90% hormonální produkce). Biologicky aktivnější trijodtyronin, T₃, tvoří asi 9% a neaktivní rT₃ 1% produkce žlázy.

Sekrece T₄, T₃ a rT₃ je řízena hypotalamo-hypofyzární osou. Jejich koncentrace v plazmě je fyziologicky velmi málo proměnlivá. Kromě TSH má na zvýšení jejich produkce vliv i chlad.

Syntéza hormonů folikulárními buňkami je závislá na přívodu jódu potravou nebo vodou. Hormony štítné žlázy jsou lipofilní, proto jsou v krvi vázány na bílkoviny (specifický globulin a prealbumin). Plazmatickou membránou do buněk pronikají naopak snadno. Před navázáním na cytosolový receptor se až 90 % T₄ konvertuje na T₃. Komplex hormon – receptor je transportován do jádra buněk, kde ovlivňuje tvorbu mnoha typů mRNA a tím v ribosomech syntézu různých typů proteinů. (Kromě jádra hormony štítné žlázy ovlivňují mitochondrie, kde stimulují energetický metabolismus.).

(Pozn:Štítná žláza obsahuje kromě folikulárních buněk ještě buňky parafolikulární, které tvoří peptidový hormon kalcitonin. Ten se podílí na regulaci kalcémie a fosfatémie).

Základní účinky tyroxinu a trijodtyroninu:

1. zvyšují metabolickou aktivitu buněk (až na dvojnásobek oproti klidové aktivitě), a tím spotřebu kyslíku a produkci tepla (kalorigenní účinek)
2. ovlivňují: metabolismus sacharidů (zvyšují vychytávání glukózy buňkami, glykolýzu, glukoneogenezi), metabolismus lipidů (mobilizace lipidů, zvyšují FFA v plazmě a oxidaci FFA v buňkách, snižují cholesterolémii) i bílkovin (roste proteokatabolismus)
3. zvyšují minutovou ventilaci
4. působí na oběhový systém (zvyšují srdeční výdej a snižují periferní odpor)
5. zvyšují erytropoézu
6. stimulují činnost CNS (zvýšená dráždivost, zrychlení reflexní odpovědi),
7. ovlivňují vývoj a diferenciaci CNS (nedostatek T4 během vývoje vede k poruchám syntézy proteinů a diferenciaci nervových buněk, je narušena myelinizace, což může vyústit v ireverzibilní poškození mentálního vývoje).
8. Ovlivňují růst těla, zejména kostí do délky
9. Zvyšují citlivost tkání k pohlavním hormonům

Praktické úkoly:

1. Stanovení klidové energetické potřeby člověka, srovnání s tabelárními hodnotami bazálního met.
2. Odhad denního výdeje energie
3. Odhad energetického obsahu potravy přijaté za den
4. Stanovení indexu tělesné hmotnosti (BMI) a poměru obvodu pasu a boků - waist – hip ratio (WHR)
5. Bazální metabolismus u laboratorního potkana. Vliv hormonů štítné žlázy na energetický obrat

1. Stanovení klidové energetické spotřeby

Provedení:

Při praktickém cvičení je obtížné splnit všechny podmínky měření bazálního metabolismu, proto budeme měřit pouze **klidovou energetickou přeměnu** a náležitou hodnotu BM vyhledáme v tabulkách. Použijeme tabulky podle Harrise a Benedicta. Tyto tabulkové hodnoty odpovídají metabolismu vzorku zdravých osob vyšetřovaných za bazálních podmínek.

Výsledek vyjádřený v kJ/min. převedeme na hodnoty v kJ/24 hod.

Klidovou energetickou přeměnu (KEP, resting metabolic rate - RMR) měříme metodou nepřímé kalorimetrie. Při této metodě měříme spotřebu kyslíku. Protože O₂ není v organismu skladován a jeho spotřeba je úměrná aktuálním potřebám, je množství O₂ spotřebované za jednotku času úměrné množství vyprodukované energie. Průměrné množství uvolněné energie na 1 litr spotřebovaného O₂ je 20,1 kJ (4,82 kcal) a označuje se jako střední energetický ekvivalent kyslíku (EE). Toto množství energie se uvolní při spálení (oxidaci) směsi živin průměrného složení (60 % cukrů, 25 % tuků, 15 % bílkovin) 1 litrem O₂.

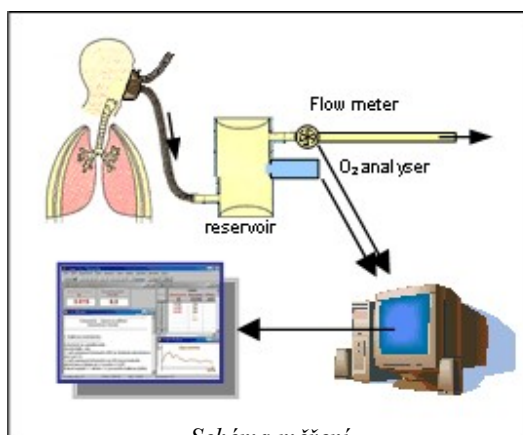
Provedení:

Spotřebu kyslíku měříme jednoduchým metabolimetrem sestaveným z komponent měřícího systému Vernier. Principem měření je stanovení:

- průměrné koncentrace O_2 ve vydechovaném vzduchu
- plicní ventilace

Princip zapojení aparatury je znázorněn na schématu. Jelikož množství plynu v měřeném objemu závisí na aktuálním tlaku a teplotě, je součástí aparatury také teplotní a tlakové čidlo. Na obrázku 10.2. je podrobnější schéma zapojení všech komponent měřící aparatury jak by mělo být připraveno před měřením. Systém se skládá z:

- nádoby, ve které se mísí vzduch vydechovaný z mrtvého a alveolárního prostoru
- čidel: O_2 , průtok vzduchu, teplota, tlak
- A/D převodníku (LabPro)
- PC s programem pro záznam a výpočet



tak,
tedy

Postup:

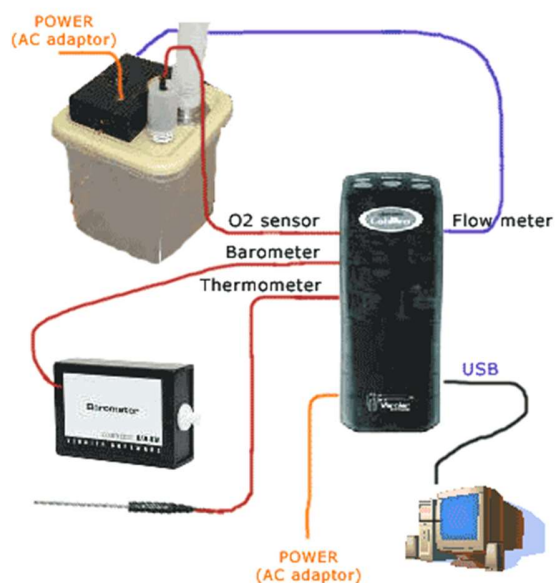
1. zkontrolujte zapojení přístrojů a napájení
2. spusťte úlohu *Měření metabolismu člověka* z intranetové stránky praktik.
3. zkontrolujte kalibraci O_2 sensoru. Při expozici čidla atmosférickému vzduchu by koncentrace O_2 měla být 20.7 % (vzhledem k vzdušné vlhkosti).
4. do portu rezervoáru označeného AIR IN připojte hadici připojenou na výdechový port **čisté** anesteziologické masky
5. Instruuje vyšetřovaného studenta, aby si nasadil těsnící masku, 5 minut se adaptoval na klidné dýchání s touto pomůckou a pak proveďte během dalších 5 minut měření To spusťte tlačítkem „Collect“ .
6. Na dotaz, zda uchovat předchozí měření (Store nebo předchozí smazat (Erase latest) odpovědět potřeby.
7. Sledujte studenta a grafy měřených a počítaných hodnot.
8. Měření automaticky skončí po 5 minutách, pokud ne – stiskněte Stop.
9. Stanovte průměrnou ventilaci a koncentraci kyslíku ve vydechovaném vzduchu, vypočítejte RMR a interpretejte výsledky.
 - a. Ke stanovení průměrných hodnot je vhodné použít nástroj 'Statistics' (menu Analyze -> Linear Fit) a vybrat vhodný úsek záznamu
 - b. Vypočítejte spotřebu O_{2cons} .

$$O_{2cons} = MV(pO_{2insp} - pO_{2ex})$$

O_{2cons} – minutová spotřeba O_2

MV – minutová ventilace

pO_{2insp} , pO_{2ex} – koncentrace kyslíku ve vdechovaném a vydechovaném vzduchu



Obr 10.2. Schéma zapojení komponent měřící aparatury

latest)
podle

- c. Objem kyslíku je třeba korigovat na standardní teplotu a tlak ($t = 0^{\circ}\text{C}$, $p = 760 \text{ Torr}$)

$$V_0 = V_1 \cdot \frac{273}{273 + T[^{\circ}\text{C}]} \cdot \frac{BT}{760 \text{ Torr}}$$

V_0 = korigovaný objem spotřebovaného kyslíku, V_1 = objem spotřebovaného kyslíku v podmínkách experimentu, T = teplota během experimentu, BT = barometrický tlak během experimentu.

- d. Vypočtete metabolickou přeměnu:

$$RMR = O_2 \text{ cons}_{V_0} \cdot EE$$

Hodnocení:

Jméno/věk/hmotnost/výška	Tabulková hodnota BM (kJ/24 hod)	KEP (kJ/24 hod)	Poměr klidové přeměny a BM v %

Závěr:

Klinická aplikace:

Pokud člověka postihne závažné onemocnění provázené bezvědomím, které si vynutí řízenou ventilaci, nemůže sám přijímat potravu. (Jako příklad si uveďme závažnou autonehodu, nebo septický stav*) Po stránce výživy je zcela odkázán na péči okolí. Jeho organismus má v obou popsaných stavech v klidu na lůžku větší energetický výdej (regenerace tkání, zvýšená teplota) než při analogické aktivitě u zdravého.

Toto praktikum ukazuje, že je možné stanovit aktuální energetickou potřebu organismu změřením spotřeby kyslíku. Stačí snímat koncentraci kyslíku ve vydechovaném vzduchu a minutovou ventilaci. Oba parametry měří ventilátory používané k podpoře dýchání. To znamená, že u ventilovaných nemocných máme monitorovaný energetický výdej a můžeme podle něj upravit energetický obsah podávané výživy.

*Septický stav je generalizovaný zánět organismu, nekontrolovaně se šířící bakteriální infekce, provázená zvýšením teploty a celkového metabolického obratu

2. Odhad denního výdeje energie

Provedení:

1. Odhad denního výdeje energie provedeme tak, že k bazálnímu metabolismu připočteme přírůstek na trávicí činnost, specificko-dynamický účinek živin (to je asi 5% energetického obsahu sacharidů a tuků a 25% energetického obsahu bílkovin) a přírůstek na výdej energie spojený s tělesnou činností. Neznámá zůstane spotřeba na termoregulaci.
2. Výsledky zapíšeme do protokolu.

Výdej energie na svalovou činnost se vyjadřuje přepočtem na jednotku tělesné hmotnosti a času. Jedná se však jen o určitý odhad, celkový výdej závisí především na intenzitě, s jakou danou činnost vykonáváte, ale také na vaší trénovanosti a mnoha dalších faktorech. Příklady energetických spotřeb při běžných činnostech a při sportu najdete na uvedené adrese.

<https://www.stobklub.cz/clanek/energeticky-vydej-pri-pohybovych-aktivitach/>

Hodnocení:

Celkový denní energetický výdej pro vyšetřovaného:

Jméno vyšetřovaného	
BM – tabulková hodnota/24 hodin	

Hodiny činnosti	Druh činnosti	Energetický výdej
Celkový denní energetický výdej		

Závěr:

3. Odhad energetické hodnoty potravy přijaté za den, denní energetická bilance

Úvod

Energetická hodnota (EH) potravin se udává v tabulkách na obalech potravin. Nebo ji lze vyhledat v databázích potravin vytvořených za účelem racionálního stravování. Jednu z možných adres uvádíme.
<https://www.stobklub.cz/potraviny-kategorie/4/>

Provedení:

1. Do tabulky запиšeme jednotlivé potraviny, které jsme během dne zkonsumovali.
2. Stanovíme jejich váhové množství.
3. Zjistíme jejich energetickou hodnotu a zastoupení jednotlivých živin.
4. Výsledky sečtete a porovnáte se svým energetickým výdejem (viz předchozí úloha) ve stejném dni.

Hodnocení:

[illegible]

Celkem					

Závěr: Energetická bilance v daném dni byla spíše pozitivní/vyrovnaná/ negativní.

4. Stanovení indexu tělesné hmotnosti (BMI) a waist –hip ratio (WHR)

Provedení:

1. Do tabulky zapíšeme údaje o své tělesné hmotnosti, výšce a odečteme hodnotu BMI. Změříme obvod pasu a boků a určíme WHR.
2. Porovnáme údaje u 5 osob.

Hodnocení:

Jméno	Hmotnost	Výška	BMI	WHR	Vyhodnocení

Závěr:

5. Bazální metabolismus u laboratorního potkana. Štítná žláza

Velikost bazálního metabolismu u potkana posuzujeme podle spotřeby kyslíku v jednoduchém spirometru. Toto měření postupně provedeme u dvou zvířat. U kontrolního zvířete a u potkana s hypofunkcí štítné žlázy navozenou karbimazolem (což je syntetický inhibitor hormonů štítné žlázy, který se používá při léčbě hypertyreózy) podávaným tři týdny před experimentem ve vodě k pití.

Pomůcky: oddělené chovné nádoby se zvířaty, metabolimetr, teploměr, barometr.

Provedení:

1. zkontrolujte zapojení přístrojů a napájení,
2. spusťte úlohu *BMR laboratorního potkana* z intranetové stránky praktik,
3. zkontrolujte kalibraci O₂ sensoru. Při expozici čidla atmosférickému vzduchu by koncentrace O₂ měla být 21 %.
4. Vybraného potkana přemístíme do metabolimetru obsahujícího natronové vápno.
5. Metabolimetr zavřeme víčkem s kyslíkovým analyzátozem.
6. Spustit měření tlačítkem „Collect“
7. Na dotaz, zda uchovat předchozí měření (Store latest) nebo předchozí smazat (Erase latest) odpovědět podle potřeby.

8. Sledovat potkana a graf koncentrace O₂ na monitoru.
9. Měření automaticky skončí po 5 minutách.
10. Otevřít metabolimetr, buď po měření nebo kdykoliv pokud pO₂ klesne pod 17 %.
11. Popsaným způsobem provedeme měření u obou zvířat v experimentu.
12. Stanovte spotřebu O₂, vypočítejte BMR a interpretujte výsledky
 - a. Ke stanovení spotřeby je vhodné použít nástroj 'Linear Fit' (menu Analyze -> Linear Fit) a vybrat vhodný úsek záznamu pO₂. Údaj „slope“ přímo vyjadřuje změnu koncentrace O₂ (v %/min).
 - b. Získané hodnoty potom upravíme podle vzorce:

$$V_0 = V_1 \cdot \frac{273}{273 + T[^\circ\text{C}]} \cdot \frac{BT}{760 \text{ Torr}}$$

V₀ = korigovaný objem spotřebovaného kyslíku, V₁ = skutečný objem spotřebovaného kyslíku v podmínkách experimentu, T = teplota během experimentu (°C), BT = barometrický tlak během experimentu. Výslednou hodnotu přepočteme na 100 g hmotnosti potkana, event. přepočteme na spotřebu za 24 h

Hodnocení:

Kontrolní spotřeba O ₂	
Spotřeba energie u kontrolního zvířete /min	
Spotřeba energie u kontroly/24 hod	
Spotřeba O ₂ při hypofunkci	
Spotřeba energie při hypofunkci/min	
Spotřeba energie při hypofunkci/24 hod	

Závěr:

Kontrolní otázky:

1. Jaké jsou nejdůležitější faktory ovlivňující úroveň energetické přeměny v organismu?
2. Co je to bazální energetická přeměna?
3. Za jakých podmínek ji lze stanovit?
4. Co je to střední energetický ekvivalent kyslíku a jaká je jeho hodnota?
5. Co je to respirační kvocient?
6. Jak je regulována sekrece tyroxinu?
7. Jmenujte funkce hormonů štítné žlázy.
8. Jaké jsou projevy hyperfunkčního syndromu štítné žlázy?
9. Jaké jsou projevy hypofunkčního syndromu štítné žlázy?

Datum:

Podpis :

B3 SIMULACE

RESPIRACE, VZTAH RESPIRACE A CIRKULACE

Hlavní funkcí respiračního systému je výměna dýchacích plynů (O_2 a CO_2) mezi organismem a okolím.

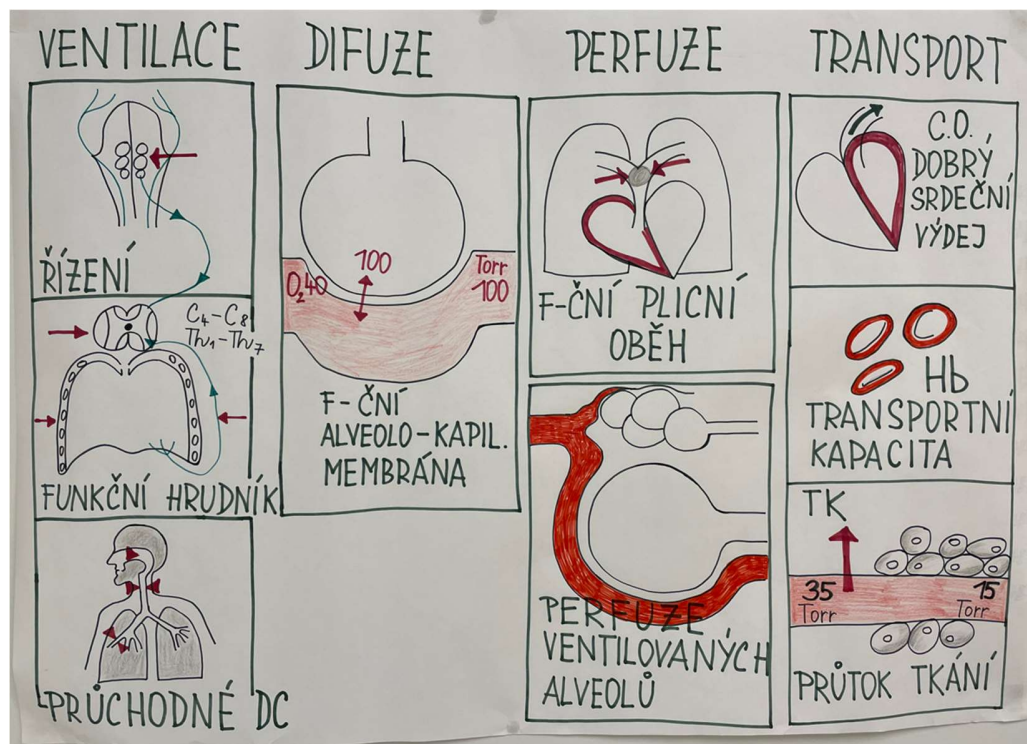
Viz také B4, kapnometrie.

To je možné pouze v součinnosti s oběhovým systémem a transportními funkcemi krve (hemoglobin – hlavní transportní kapacita O_2 , bikarbonát – hlavní transportní kapacita CO_2).

DODÁVKA KYSLÍKU (DO_2), DETERMINANTY DO_2

Obsahem programu B3 je doplnění předchozího (B1, B2) o znalosti a dovednosti nutné k posouzení dodávky O_2 do tkání a **porozumění mechanismům, které ji omezují:**

DO_2



VYŠETŘENÍ

Pohled+pohmat

dýchání je/není přítomné, symetrické/asymetrické rozvíjení hrudníku
počítání dechové frekvence a hodnocení hloubky dechu (dechového objemu) přiloženou dlaní na hrudník

Význam: posouzení ventilace

Poklep: Posouzení vyžaduje nácvik a zkušenost posouzení zvuku vzniklého nad různě vzdušnou tkání či výpotkem v pohrudniční dutině, podrobněji interní propedeutika. Během druhého ročníku je dobré osvojit si techniku správného poklepu, návod a nácvik na praktických cvičeních z fyziologie. Figuríny neumožňují zhodnotit vyšetření poklepem.

Význam: posouzení ventilace a distribuce

Poslech:

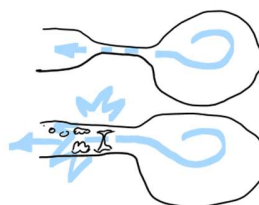
Rozlišení zvuků vzniklých prouděním
vzduchu dýchacími cestami a
alveolárním prostorem při:

1. fyziologických poměrech: sklípkové dýchání



1: sklípkové dýchání

2. postižení dýchacích cest:
2a: zúžení (otok, spasmus) – vysoké tóny,
2b: hlen – chropy



2a: vysoké tóny,
proudění vzduchu
štěrbínou

2b: chropy, proudění
přes vazký hlen

3. přítomnosti tekutiny v alveolárním prostoru
(příklad: zánět plicního parenchymu nebo
patologické filtraci na alveolo-kapilární
membráně - překročí-li tlak krve v kapilárách
malého oběhu hodnotu onkotického tlaku
při selhání oběhu, viz Starlingovy síly,
podrobněji patofyziologie) – drobné chrůpky
vzniklé rozlepováním vlhkých alveolů při
nádechu nebo probubláváním vzduchu
tekutinou v alveolárním prostoru během
nádechu



3: drobné chrůpky,
tekutina v alveolárním
prostoru

Význam poslechu: rozlišení mezi poruchou:

ventilace (nefyziologický náleznález v dýchacích cestách) a
difuse (tekutina v alveolárním prostoru)

Pozn:

Podané vysvětlení je zjednodušené pro pochopení principu, podrobněji viz patofyziologie, interní propedeutika a interna.

Saturace arteriální krve, SpO₂

SpO₂ vyjadřuje procento aktuálně obsazených vazebných míst hemoglobinu pro O₂

Metoda měření:

neinvazivně: pulsní oxymetrie

invazivně: analýzou vzorku krve

Pulsní oxymetrie:

využívá dvou hlavních principů:

- měření absorpčních spekter oxyhemoglobinu a deoxyhemoglobinu
- kolísání objemu arteriální krve ve tkáni během pulsní vlny na rozdíl od objemu krve venózní a kapilární, který nekolísá, nepulzuje.

Pulsní spektrofotometr registruje absorpční spektrum veškeré krve obsažené v měřené tkáni a vybírá pouze hodnoty odpovídající arteriální krvi (pulsující signál).

Normální hodnota: 95-98%, s věkem může být i nižší

Se sníženou saturací arteriální krve koreluje centrální cyanosa, což se projeví promodralým zbarvením kůže sliznic, nehtových lůžek. Pozorujeme ji zhruba při obsahu redukovaného hemoglobinu >50 g/l arteriální krve.

Snížená saturace bývá doprovázena dušností (pocitem nedostatku vzduchu). Ten může být vyvolán drážděním z mechanoreceptorů plic při změnách mechaniky ventilace (větší dechové práci) nebo z chemoreceptorů pCO₂, pH (centrální v mozkovém kmeni), pO₂ (periferní v karotických tělískách).

HODNOCENÍ



Kritický stav vyžadující okamžitou intervenci: vymizelá dechová aktivita nebo nedostatečná minutová ventilace vedoucí k hyposaturaci.



Stěžuje-li si pacient na dušnost neměl by být posouzen jako uspokojivý.

REAKCE

Záleží na mechanismu, který dodávku O₂ omezuje:

Např.: Chybí-li dýchací pohyby, je potřeba je nahradit – umělou ventilací (dýchat přetlakem), jsou-li zúžené dýchací cesty bronchospasmem, podat bronchodilatancia, je-li prodloužena difusní dráha, zvýšit koncentrační gradient pro kyslík.....

Náhrada ventilace

Synonymum: umělá plicní ventilace

Možnosti: manuální – vakem, přístrojová – ventilátorem

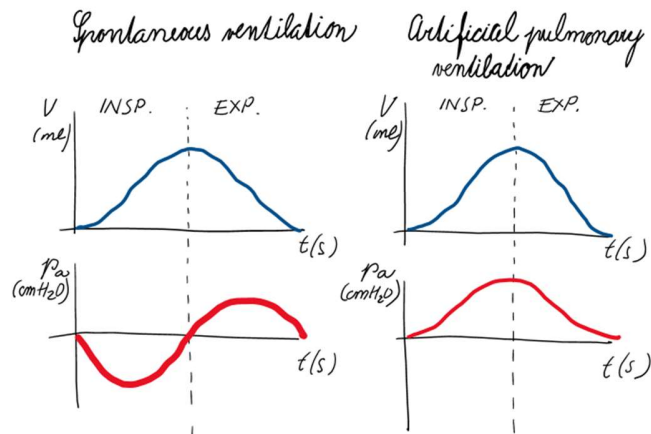
Obr.:

Dechový objem V (ml) a intra-alveolární tlak p_a (cm H₂O) během dechového cyklu (inspirium, expirium)

Rozdíly mezi:

spontánní ventilací (dýchání „podtlakem“) a

umělou plicní ventilací (dýchání „přetlakem“):



Nedostatečná SpO₂ při adekvátně zvýšené minutové ventilaci
oxygenoterapie

→

Oxygenoterapie: obohacení vdechované směsi kyslíkem.

Pomůcky podle efektivity dosaženého pO₂ ve vdechované směsi:

maska s reservuárem > maska bez reservuáru > kyslíkové brýle.

Ostatní viz příloha protokolu.

ROZVAHA

Cílem rozvahy je určení determinanty, která dodávku O₂ aktuálně omezuje. K tomu využijeme výsledek vyšetření a reakci na provedenou intervenci (zlepšení/bez zlepšení).

DO ₂	Příčina poruchy (některé příklady)	Příznak	Reakce
Ventilace	Neadekvátní dechová aktivita	chyběním pohybů hrudníku, proudu vydechovaného vzduchu	zavedení adekvátní minulové ventilace se SpO ₂ normalisuje
	Překážka v dýchacích cestách	chyběním proudu vydechovaného vzduchu, zatahování jugula...	po uvolnění dýchacích cest při adekvátní minulové ventilace se SpO ₂ normalisuje
	Zúžení DC	poslechový nález – pískoty v expiriu	Po Farmakologickém rozšíření bronchů se SpO ₂ normalisuje
Dífuse	Prodloužení difusní dráhy přestoupením tekutiny do intersticia nebo i do alveolárního prostoru	Ventilační úsilí je zpravidla vyšší (vyšší frekvence i hloubka dechu) Poslechově můžeme zjistit sklípkové dýchání (tekutina v intersticiálním prostoru), nebo slyšíme chrůpky na vrcholu inspiria (tekutina v alveolárním prostoru).	Snížená SpO ₂ by se měla v obou případech zlepšit po zvýšení pO ₂ ve vdechované směsi použitím O ₂ masky. Nelepší-li se, jedná se buď o velmi významnou poruchu dífuse nebo o jinou poruchu (např. perfuse).
Perfuse	Porucha perfuse plicního řečiště může být způsobena buď obstrukcí plicního řečiště trombem (tromboembolická plicní nemoc) nebo poruchou regulace ventilačně perfusního poměru. Viz učebnice V/Q poměr a následně patofyziologie.	Fyzikální nález se může velmi podobat poruše dífuse. Poslechově můžeme zjistit sklípkové dýchání i chrůpky (rovněž kvůli přidruženým chronickým chorobám).	Snížená SpO ₂ se u perfusní poruchy po podání O ₂ významně nezlepší.

Transport	Snížený srdeční výdej (C.O.)	C.O.: K jeho přímému posouzení potřebujeme tepovou frekvenci a tepový objem. Tepový objem lze nejpřesněji zjistit invazivním měřením. To je vyhrazeno kritickým stavům, kde je velmi pravděpodobné závažné snížení srdečního výdeje. V naprosté většině případů vystačíme s nepřímým posouzením srdečního výdeje na základě: přítomnosti kombinace následujících parametrů: sinusového rytmu, adekvátní srdeční frekvence, hodnoty krevního tlaku a prokrvení periferie (CRT). Srdeční výdej lze posoudit ještě nepřímo na základě sonografického obrazu: velikosti a pohyblivosti srdečních oddílů během cyklu.	Řešení příčiny sníženého srdečního výdeje
	Snížená transportní kapacita krve pro O ₂ :	Stanovení koncentrace hemoglobinu v krvi.	Zvýšení koncentrace hemoglobinu krevním převodem (je-li koncentrace hemoglobinu akutně limitující), nebo podporou erytropoézy (není-li stav kritický, jedná se o šetrnější řešení)

SIMULACE

Zaznamenejte **SBAR** simulací, které během praktika budete řešit

Opakování

S

B

A

R

DO2 SIM 1

S

B

A

R

DO2 SIM2

S

B

A

R

DO2 SIM3

S

B

A

R

PŘÍLOHY

Oxygenoterapie a křísící vak

Oxygenoterapie = dodávka kyslíku při dostatečné mechanické ventilaci.

Dušnost = subjektivní pocit nedostatečné ventilace (jak vnímá stav pacient bez ohledu na naměřené hodnoty).

Člověk, který dosud saturoval arteriální krev na 96-98% pociťuje dušnost při poklesu SpO₂ pod 92% ($\pm 2\%$). Pozn.: Pociť dušnosti může být i při hyperventilaci s SpO₂ 100% (např. z psychogenních příčin)

Hyposaturace: nízké sycení hemoglobinu kyslíkem dle naměřených hodnot, bez ohledu na pocit pacienta.

Indikací pro podání O₂ je hodnota SpO₂ 95% a méně (na základě doporučení schválených odbornou lékařskou společností).

Cave: chroničtí pacienti s vleklým respiračním onemocněním (CHOPN) jsou dlouhodobě adaptovaní na nižší saturaci hemoglobinu kyslíkem, a proto nemusí pociťovat dušnost ani při velmi nefyziologických hodnotách SpO₂. Pro oxygenoterapii těchto pacientů platí složitější pravidla, která budou obsahem patofyziologie a klinických oborů. Novorozenci: pro jejich oxygenoterapii platí složitější pravidla, která překračují rámec fyziologie ve 2. ročníku. Nicméně pár užitečných poznámek: novorozenci snáší fyziologicky nižší saturace Hb než dospělý jedinec (viz fetální hemoglobin a princip oxygenace plodu). K podpoře ventilace nekritických stavů se používá vzduch s ohledem na zranitelnost některých tkání nezralého organismu kyslíkem (mozek, plíce a zrakový nerv).

Pomůcky:

Nosní brýle: FiO₂ 0,35 (dosažitelná proporce O₂ ve vdechované směsi) - pouze pro velmi mírné poruchy. Pacient dobře snáší, neomezuje komunikaci a stravování.

Polomaska: FiO₂ - 0,4, s rezervoárem až 0,6.

Polomaska s nebulizátorem: Nebulizátor vytváří aerosol - lze vdechovat farmaka.

Cave: kyslík+mastnota=hoření, výbuch. Kyslík by měl být podáván zvlhčený a ohřátý (nemocnice).

Složení systému: tlaková láhev-označena N. Láhev opatřena vysokotlakým manometrem. Tlak v láhvi 150 atm (15MPa). Redukční ventil - snižuje tlak kyslíku Nízkotlaký manometr (průtokoměr) - nastavuje se průtok k pacientovi. Zvlhčovač. (V terénu spíše probublávač s malým efektem.)

Objem kyslíku: tlak x objem láhve = l kyslíku Umím odhadnout, na jak dlouho mně vydrží kyslík v tlakové láhvi? 150 atm x 2 l = 300 l při průtoku 10 l/min = 30 minut.

Křísící samorozpínací vak:

Pomůcka k náhradě (podpoře) ventilace, chybí-li spontánní dechová aktivita nebo je nedostatečná. Využívá dýchání přetlakem pomocí masky utěšňující okolí vstupu do dýchacích cest a samorozpínacího vaku. Křísící vak může být rovněž připojen na zdroj kyslíku (při hypoxii musí být připojen).

Terminologie: Ambu-vak je firemní název pro konkrétní křísící vak firmy Ambu. Správné obecné označení samorozpínacího vaku je křísící vak. Typ, se kterým se ve své praxi setkáte, může mít jiný princip ventilace, různý objem, různé ochranné prvky (tlakové omezovače), různý způsob čištění (např. možnost sterilizace), použití pro různé věkové skupiny, různé příslušenství, různý způsob udržování funkčnosti (např. plnění masky vzduchem) - seznámení s konkrétní pomůckou je ve zdravotnictví základem péče lege artis.

Užití: pacient nedostatečně ventilující nebo s apnoí (gasping se doporučuje při KPR ponechat - vytváří negativní tlak v hrudníku podporující žilní návrat).

Podle vyhlášky c.296/2012 Sb. povinná výbava každého zdr.zařízení.

Složení: vak (jedno,dvouplášťový), maska (různé velikosti), sací ventil s možností připojení rezervoáru a kyslíku, dýchací ventil, výdechový ventil, rezervoár, filtr, peep ventil.

Tlakové omezení (prevence barotraumatů): - dvouplášťový - 70 mbar (cmH₂O) - tlakový omezovač - 40 mbar(cmH₂O) Možno vyřadit z provozu: např. v kritické situaci při pokusu zatlačit cizí těleso do periferie dýchacích cest (nejde-li v terénu odstranit).

Princip: Pozitivní přerušovaný přetlak. Otázka: je to fyziologické? Ne. Fyziologický je negativní tlak v hrudníku během inspiria. Problém? Ano. Snižuje žilní návrat, zvyšuje riziko regurgitace, zvyšuje intrakraniální tlak - snižuje perfuzi mozku.

Co nás musí zajímat: pacient (věk, příčina), typ vaku, objem, tlakové omezení, maska (velikost, naplnění manžety). Cave: Objem vaku - technika dýchání. Dechový objem: dospělý 500ml (dospělý umožňuje 1500ml), novorozenec např. 20 ml (dětský vak umožňuje 300 ml!!! hrozí barotrauma).

FiO₂ (proporce O₂ dosažitelná ve vdechované směsi): - dýchání z úst do úst 16%, samotný vak 21%, vak připojený na kyslík 30-50 %, vak s kyslíkem a rezervoárem až 100 %.

Technika a cíl: Cílem je normoventilace (norm. hodnota EtCO₂).

Nejčastější chyba: napravování hypoxie hyperventilací velkými dechovými objemy. Hrozí: rozepětí žaludku, regurgitaci a u nezajištěných dýchacích cest aspirací, barotrauma, hypokapnie.

Způsob ventilace při KPR:

Synchronní - pauzy ve stlačování hrudníku. Bez zajištění DC lege artis postup.

Asynchronní - kontinuální bez ohledu na stlačování – k tomu je nutné zajištění DC intubací nebo dobře těsnící supraglotickou pomůckou (laryngeální maska).

Dechová frekvence: 10 dechů/min u dospělého, max. normoventilace.

Dechový objem: 5-8 ml/kg. Cave baro a bio trauma.

Nedílnou součástí ventilace vakem je VIZUÁLNÍ KONTROLA ZDVIHÁNÍ HRUDNÍKU.

Postup:

- 1) stoupneme (klekneme) si za hlavu pacienta
 - 2) přiložíme masku na obličej pacienta - kořen nosu, žlábek pod dolním rtem
 - 3) nedominantní rukou tlačíme masku kolmo na obličej pacienta - používáme palec a ukazovák. Tlačíme výhradně na skořepinu, nikdy na manžetu
 - 4) nedominantní rukou udržujeme záklon hlavy - ostatními prsty tahem za spodní čelist - nutné pro průchodnost DC a jako prevence regurgitace
 - 5) dominantní rukou stlačujeme vak (poměr inspirium:expirium 1:2). Můžeme si ho opřít o koleno. Objem můžeme zvýšit stlačením vaku o koleno nebo obličej pac.
- Cave: vdech: pomalý, plynulý jinak hrozí insuflace žaludku (regurgitace, zvracení).
- 6) kontrolujeme účinnost pohledem na hrudník případně poslechem fonendoskopem Kyslík a rezervoár můžeme mít připojen předem nebo nám ho může připojit kolega během ventilace. Filtr je lege artis. Nemáme-li ho, je systém funkční i bez něj.
 - 7) pokud není ventilace účinná je účinnou variantou bimanuální ventilace (jeden drží masku a záklon, druhý ventiluje).

Cave: mrtvý prostor. Zvláště u dětí - součet objemu filtru, vrapových spojek, tracheální rourky může být větší než vdechovaný objem a nedochází tak k výměně v plicích.

Možné komplikace: -nelze prodýchnout - malý záklon hlavy (neprůchodné DC), cizí těleso v DC - regurgitace, zvracení - obvykle malý záklon hlavy nebo příliš velké dechové objemy nebo příliš rychlý, prudký vdech a nedostatečné expirium. Vyndání zubní protézy může způsobit propadnutí tváře a nemožnost utěsnit manžetu.

Základní laboratorní ukazatele

Pro info uvádíme požadavek znalostí ke zkoušce 2. r Biochemie

zeleně označeno, co je probíráno **na prakticích z Fyziologie**

Nutné	Žádoucí
BIOCHEMIE	
Celková bílkovina, albumin	
CRP	Elektroforéza bílkovin
Glykémie náhodná a lačná	oGTT , glykovaný hemoglobin, fruktosamin
Hemoglobin	Železo, ferritin, transferin, sTR
Celk. cholesterol, triglyceridy	HDL, LDL
Bilirubin celkový a konj., ALT, AST, ALP, GGT	Pankreatická amyláza, lipáza, prealbumin
Urea, kreatinin	Kyselina močová, glomerulární filtrace
Ionty (Na, K, Cl, Ca, P), osmolarita	
Troponin, myoglobin	CK, CK-MB mass
Alkohol – dechová zkouška	
ASTRUP	
KOAGULACE (jen FYZ)	
APTT, INR, thromocyty	ACT, D-Dimer
CSF (mzokomisni mok)	
	bílkovina , imunoglobuliny, základní cytologie
KO + DIFF (jen FYZ)	
Ery, MC, MCH, MCHC	Retikulocyty
Leu, diferencial rel.	Diferencial abs.
Hb, Hct	MetHB, HbCO
MOČ	
Moč chemicky	Močový sediment, typizace proteinurie
Diuresa	
Clearance	Koncentrační schopnost

