

PRAKTICKÁ CVIČENÍ Z FYZIOLOGIE ČLOVĚKA

pro studenty bakalářských oborů Tělesné výchovy



Mgr. Martina Bernaciková, Ph.D.
prof. MUDr. Jan Novotný, CSc.
Mgr. Damjan Siriški

PRAKTICKÁ CVIČENÍ Z FYZIOLOGIE ČLOVĚKA
pro studenty bakalářských oborů Tělesné výchovy

Autoři:

Mgr. Martina Bernaciková, Ph.D.
prof. MUDr. Jan Novotný, CSc.
Mgr. Damjan Siriški

Ilustrace:

MgA Lenka Žampachová
Ing. Stanislav Bernacik

Recenze:

PhDr. Renata Malátová, Ph.D.
MUDr. Jana Novotná

Fakulta sportovních studií, Masarykova Univerzita
BRNO 2014

Předmluva

Tato skripta vznikla v rámci projektu Fondu rozvoje Masarykovy univerzity (MUNI/FR/0159/2014). Materiál byl vytvořen jako výuková pomůcka pro studenty oboru Animátor sportovních aktivit (ASAK) a obor Tělesná výchova a sport (směr Trenérství, Sebeobrana bezpečnostních složek, Rozhodčí hokeje, Rozhodčí fotbalu) v rámci předmětu Fyziologie. Tento materiál vnímáme nejen jako inovační a zároveň využitelný nejen v hodinách samotné výuky, ale také jako vhodnou pomůcku pro samostudium při přípravě na závěrečnou zkoušku.

Fyziologie člověka je vědní obor zabývající se probíhajícími procesy v živých organismech. Jejím úkolem je poznat a pochopit podstatu funkčních pochodů, ke kterým v lidském těle dochází a stanovit jejich příčiny. Tento přírodovědný obor se taktéž snaží odhalit vzájemné souvislosti a závislosti mezi funkcemi jednotlivých orgánových systémů.

Praktická cvičení Fyziologie zahrnují celou řadu témat. V prvních hodinách se budeme zabývat stavbou a složením těla. Vysvětlíme si co je to somatotyp a jak se dá u sportovců zjistit. Pak zabrousíme do oblasti dynamometrie, která se zabývá měřením síly. Další hodinu budeme věnovat metabolismu a metodám, kterými lze zjistit bazální metabolismus, ale také výpočtem energetického výdeje během každodenních i sportovních aktivit. V následujících cvičeních se už podíváme na jednotlivé fyziologické parametry, které nám vyjadřují míru zatížení. Nejprve to budou parametry oběhového systému (SF, TK, Q_s, Q) a následně parametry respiračního systému (DF, DO, MV). Zjistíme vitální kapacitu plic.

V příštím semestru navážeme u oborů ASAK a Trenérství předmětem Zátěžová fyziologie, kde se budeme věnovat zátěžovým testům. Podíváme se na testy, které nám diagnostikují anaerobní předpoklady (Wingate test, výskoková ergometrie) a pak na testy, které odhalují aerobní předpoklady (W170, Conconiho test). Také si pokusíme vysvětlit co je tzv. „anaerobní práh“, jaké existují metody pro jeho stanovení. V poslední hodině nás už čeká praktická ukázka závěrečného spiroergometrického testu, během něhož budeme sledovat výše uvedené fyziologické parametry a také se u testovaného jedince pokusíme stanovit jeho maximální aerobní kapacitu (VO₂max). Pro další studium je tedy nezbytné mít znalosti z fyziologie člověka.

Martina Bernaciková

OBSAH SKRIPT:

1	<i>Složení a stavba těla</i>	5
	<i>1.1 Složení těla</i>	5
	<i>1.2 Výpočet složení těla dle Matiegky</i>	7
	<i>1.3 Somatotyp</i>	9
2	<i>Svaly</i>	13
	<i>2.1 Diagnostika svalových vláken</i>	15
	<i>2.2 Druhy svalové kontrakce</i>	16
	<i>2.3 Měření síly svalových skupin – Dynamometrie</i>	17
3	<i>Metabolismus</i>	19
	<i>3.1 Stanovení bazálního metabolismu výpočtem</i>	20
	<i>3.2 Stanovení klidového metabolismu měřením</i>	20
	<i>3.3 Výpočet 24h energetického výdeje</i>	21
	<i>3.4 Výpočet energie získané z příjmu potravy</i>	23
4	<i>Oběhový systém</i>	25
	<i>4.1 Měření srdeční frekvence</i>	26
	<i>4.2 Chladový test</i>	29
	<i>4.3 Variabilita srdeční frekvence</i>	30
	<i>4.4 EKG</i>	30
	<i>4.5 Měření krevního tlaku</i>	32
	<i>4.6 Výpočet systolického a minutového objemu srdce</i>	35
5	<i>Dýchací systém</i>	37
	<i>5.1 Spirometrie</i>	38
	<i>5.2 Analýza dýchacích plynů</i>	41

1 Složení a stavba těla

1.1 Složení těla

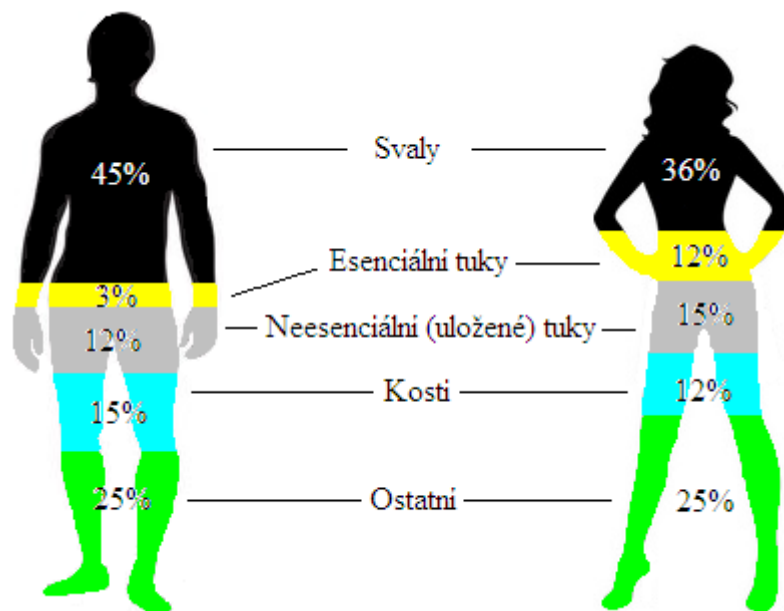
Na složení našeho těla se můžeme dívat z několika pohledů:

- Atomů: 6 základních prvků O, C, H, N, Ca, P
- Molekul: proteiny, sacharidy, lipidy, minerální látky a voda
- Buněk: buňky + tělesné tekutiny
- Tkání: tuková tkáň + kosterní tkáň + svalová tkáň + krev
- Celého těla: kožní řasy, obvody, šířky apod. (antropometrická měření)

Pro studium vlastní otázky složení těla je preferován anatomický klasifikační systém.

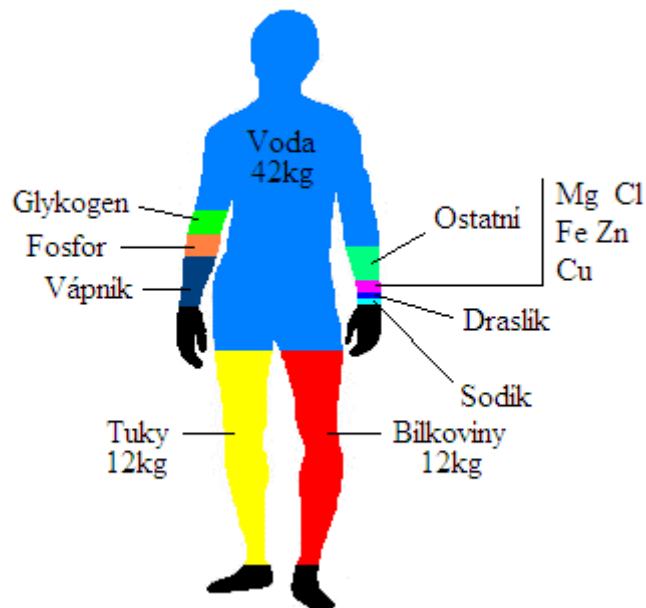
Anatomický model (obr. 1) rozděluje tělo na tyto složky:

- svalová
- kosterní
- tuková
- ostatní (vnitřní orgány a jiné)



Obr. 1. Složení těla – anatomický model.

Chemický model. Chemicky je tělo tvořeno proteiny, sacharidy, lipidy, minerálními látkami a vodou (obr. 2).



Obr. 2. Složení těla – chemický model.

V antropologické praxi je využíván dle možností a použití různých přístrojů a technik dvou-, tří, případně čtyřkomponentový model. Z praktického hlediska je dvou-komponentový model nejpoužívanější. Lidské tělo je děleno na 2 základní komponenty – tuk (fat mass, FM) a tukuprostou hmotu (fat-free mass, FFM).

Pro odhad tělesného složení se používá laboratorních a terénních metod. Vybrané laboratorní metody jsou současně referenčními metodami, jedná se např. o metodu DEXA, denzitometrie a hydrostatické vážení. Metoda DEXA je v současnosti považována za referenční metodu.

Metody antropometrie, tedy systém technik měření vnějších rozměrů lidského těla, jsou standardizovány, což zaručuje jejich srovnatelnost. Mnohé parametry jsou důležité nejen pro hodnocení vyvíjejícího se či stárnoucího organismu, ale také při výběru talentů pro určitý sport. Antropometrické měření se provádí v nejnútnejším oblečení.

Určení tukové složky dle Pařízkové

Nejnámější metodou pro určení tukové složky je metoda dle Pařízkové, během které měříme 10 kožních řas.

Bioelektrická impedance

Přístroje jako je In-body a Bodystat jsou založeny na principu tzv. bioelektrické impedance. Tato metoda je založena na zjištění především tukové složky. Během měření prochází vyšetřovaným velmi slabý střídavý (5 V, 25 kHz) elektrický proud. Tento proud volně prochází tekutinami ve svalové tkáni, při prostupu tukovou tkání se setkává s jejím odporem (bioelektrickou impedancí). Tukové tkáně mají velmi nízkou až nulovou vodivost. Musíme však podotknout, že měření touto metodou je závislé na množství kapaliny v netukových tkáních.

1.2 Výpočet odhadu složení těla dle Matiegky

Nejpoužívanější metodou v praxi u nás je určování odhadu složení těla podle **Matiegky**. Nejprve zjistíme výšku a hmotnost jedince. Potom změříme šířkové míry torakometrem a obvodové míry krejčovským metrem. Kaliperem (měřič kožních řas) zjistíme tukovou složku. Pomocí vzorečků se dopočítají jednotlivé složky: kosterní, svalová, tuková a zbytek. Vybrané parametry měříme na dominantní končetině (u praváků vpravo).

ÚKOL (Protokol č. 1):

Naměř základní antropologické parametry a zapiš do Protokolu.

Základní měřené parametry:

- tělesná výška
- hmotnost

Šířkové parametry:

- šířka epikondylu humeru (šířka lokte, pravý úhel v lokti)
- šířka zápěstí
- šířka dolní epifyzy femuru (šířka kolene, pravý úhel v koleni)
- šířka kotníků (největší vzdálenost mezi mediálním a laterálním epikondylem kotníku)

Obvodové parametry:

- obvod paže uvolněné (měříme v poloviční vzdálenosti mezi bodem akromiale a hrotem loktu na paži volně visící podél těla)
- obvod paže s kontrakcí (měříme v poloviční vzdálenosti mezi bodem akromiale a hrotem loktu při max. kontrakci flexorů loketního kloubu – m. biceps brachii, m. brachialis, s vodorovnou polohou předloktí, ve 90° flexi v loketním kloubu)
- obvod předloktí (měření se provádí na volně visící paži v nejsilnějším místě předloktí)
- obvod stehna (při měření stojí vyšetřovaná osoba na neměřené dolní končetině, měřená končetina je uvolněna; obvod měříme v polovině vzdálenosti mezi trochanterion a tibiale)
- obvod lýtku (při měření uvolněný stoj v mírném rozkročení (kolena napjata) při rovnoměrném zatížení obou DK, měříme v místě největšího vytvoření lýtkového svalu.

Kožní řasy:

- nad tricepsem (na zadní straně paže na volně visící HK vytvoříme podélnou řasu rovnoběžnou s osou HK)
- subskapulární (pod dolním úhlem lopatky měříme kožní řasu probíhající rovnoběžně s podélnou osou přiléhajícího žebra, při stožení s volně visící horní končetinou)
- na hrudníku (v přední axilární čáře ve výši 10. žebra vytvoříme kožní řasu probíhající vodorovně)
- na břicho (na spojnici pupek – přední trn lopatky kosti kyčelní ve vzdálenosti ¼ spojnice od pupku vytvoříme podélnou kožní řasu probíhající vodorovně)
- suprailiální (nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře vytvoříme řasu rovnoběžnou s hranou kosti kyčelní)
- nad bicipsem
- na předloktí (na volární straně předloktí v místě největšího obvodu)
- na stehně (kožní řasa na m. quadriceps femoris v polovině vzdálenosti mezi trochanterion a tibiale)
- na lýtku (na vnitřní ploše lýtku v místě maximálního obvodu)

Uvedené parametry zadej do Programku pro výpočet složení těla dle Matiegky a dopočítané hodnoty (včetně BMI, povrchu těl a optimální hmotnosti) si opiš do Protokolu. Následně porovnej tyto hodnoty s referenčními hodnotami a s hodnotami svých spolužáků. Do protokolu napiš zhodnocení.

Tab. Průměr čtyř složek (procenta celkové hmotnosti) dle Matiegky.

SLOŽKA	MUŽI (%)	ŽENY (%)
KOSTERNÍ	21 – 16,5	19,7 – 14,2
SVALOVÁ	40 - 48	35,2 - 43
TUKOVÁ	11,5 - 16	15,9 – 28,7
ZBYTEK	Záleží na třech předchozích složkách.	

Pro běžnou populaci se pro hodnocení množství tuku, příp. míry obezity používá body mass index (BMI). Jedná se o ukazatel vztahu hmotnosti k výšce a u velmi svalnatých jedinců vychází velmi vysoký, ačkoliv mají velmi nízkou tukovou složku (např. kulturisté). Proto je pro posuzování tukové složky vhodnější a správnější používat metody, které vypočtou množství tuku v těle.

$$\text{BMI [kg} \cdot \text{m}^{-2}] = \{\text{hmotnost [kg]}\} / \{\text{výška [m]}\}^2$$

Tab. Orientační hodnocení tělesné hmotnosti BMI

HODNOCENÍ BMI	MUŽI	ŽENY
PODVÁHA	< 20	< 19
NORMÁLNÍ HMOTNOST	20 – 24,9	19 – 23,9
NADVÁHA (LEHKÁ OBEZITA)	25 – 29,9	24 – 28,9
OBEZITA (STŘEDNĚ TĚŽKÁ)	30 – 39,9	29 – 38,9
TĚŽKÁ OBEZITA (MORBIDNÍ)	> 40	> 39

Optimální hmotnost je dopočítána vzhledem k výšce postavy a doporučuje, jakou hmotnost by měl jedinec mít, aby se cítil zdravě.

$$\text{MUŽI: hmotnost [kg] = \{0,655} \cdot \text{výška [cm]}\} - 44,1$$

$$\text{ŽENY: hmotnost [kg] = \{0,593} \cdot \text{výška [cm]}\} - 38,6$$

1.3 Somatotyp

Optimální stavba těla je pro mnohé sporty základním faktorem. Stavbu těla charakterizují somatické rozměry (délka, šířka, obvod apod.). Sportovní aktivita může ovlivnit některé šířkové a obvodové rozměry těla a to především rozvojem svalové hmoty a redukcí tukové složky.

Stavbu těla charakterizuje také **somatotyp**. Pro mnohé sportovní disciplíny je určitý somatotyp výhodný (obr. 3 a 4).

Nejpoužívanější metodou určování somatotypu je modifikace Sheldonova postupu, kterou dále rozpracovali Heathová a Carter.

Somatotyp se skládá ze 3 komponent:

- endomorfní (charakterizuje stupeň tloušťky dle podkožního tuku)
- mezomorfní (vyjadřuje stupeň rozvoje svalstva a kostry)
- ektomorfní (určuje stupeň štíhlosti, křehkosti a relativní délky končetin)

Somatotyp zaznačujeme do somatografu, každá komponenta v něm nabývá hodnot 0-9 (viz. obr. 3, 4.).

Dělení somatotypu podle dominance jednotlivých komponent (Štěpnička 1979):

- střední (vyrovnaný) somatotyp
- jedna komponenta převládá, druhá a třetí jsou vyrovnané: vyrovnaný mezomorf, vyrovnaný endomorf, vyrovnaný ektomorf
- jedna komponenta převládá, druhá je vyšší než třetí: ektomorfní mezomorf, endomorfní mezomorf, mezomorfní ektomorf apod.
- jedna komponenta je nižší než 3, druhá a třetí jsou vyrovnané: ektomorf-mezomorf, endomorf-mezomorf apod.

Ve sportu se obvykle setkáváme s rozvinutou mezomorfní složkou, která vyjadřuje rozvoj svalstva a robustnost kostry.

ÚKOL (Protokol č. 2):

Naměř základní antropologické parametry uvedené níže (nebo je opiš z minulého protokolu). Naměřené hodnoty uveď do Protokolu.

Základní měřené parametry:

- tělesná výška
- hmotnost

Šířkové parametry:

- šířka epikondylu humeru (šířka lokte, pravý úhel v lokti)
- šířka dolní epifýzy femuru (šířka kolene, pravý úhel v koleni)

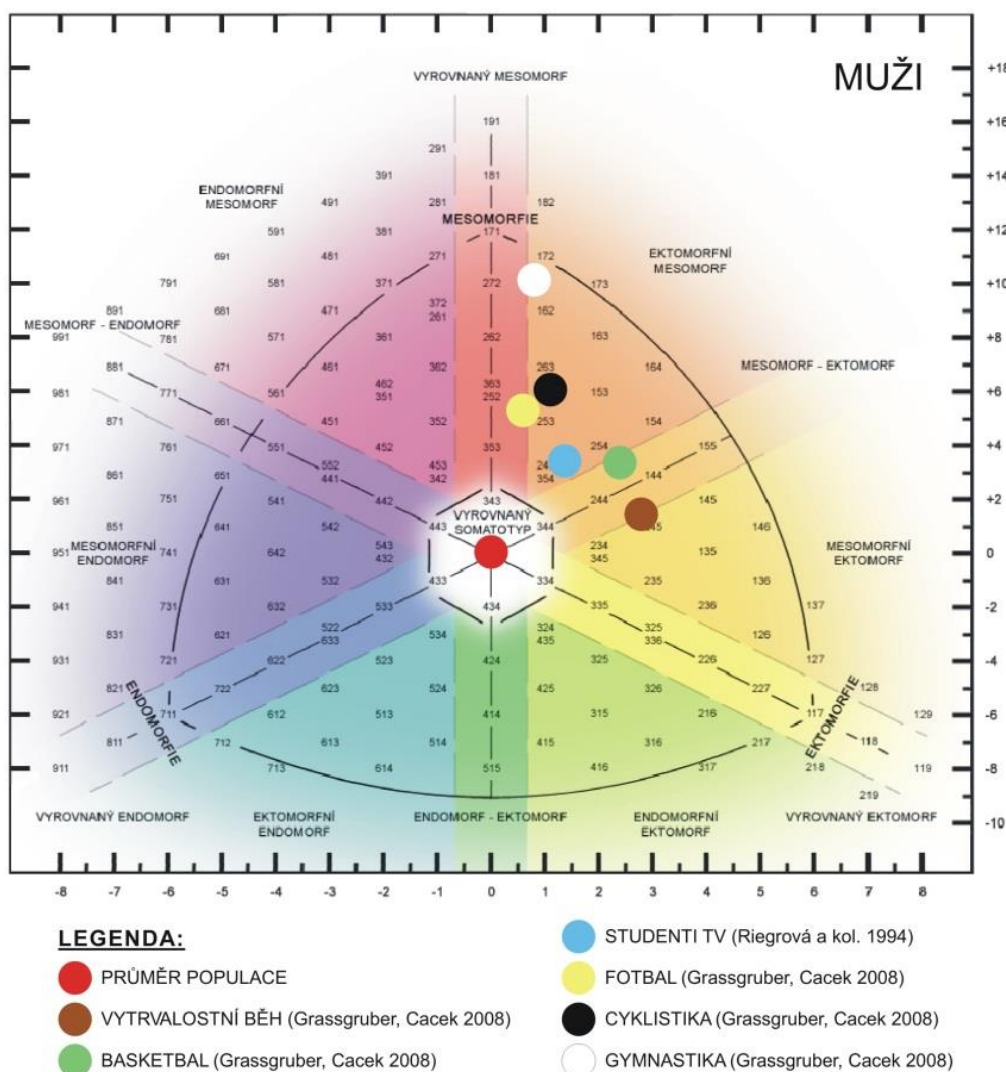
Obvodové parametry:

- obvod paže s kontrakcí (měříme v poloviční vzdálenosti mezi bodem akromiale a hrotem loktu při max. kontrakci flexorů loketního kloubu – m. biceps brachii, m. brachialis)
- obvod lýtky (při měření uvolněný stoj v mírném rozkročení (kolena napjata) při rovnoměrném zatížení obou DK, měříme v místě největšího vytvoření lýtkového svalu.

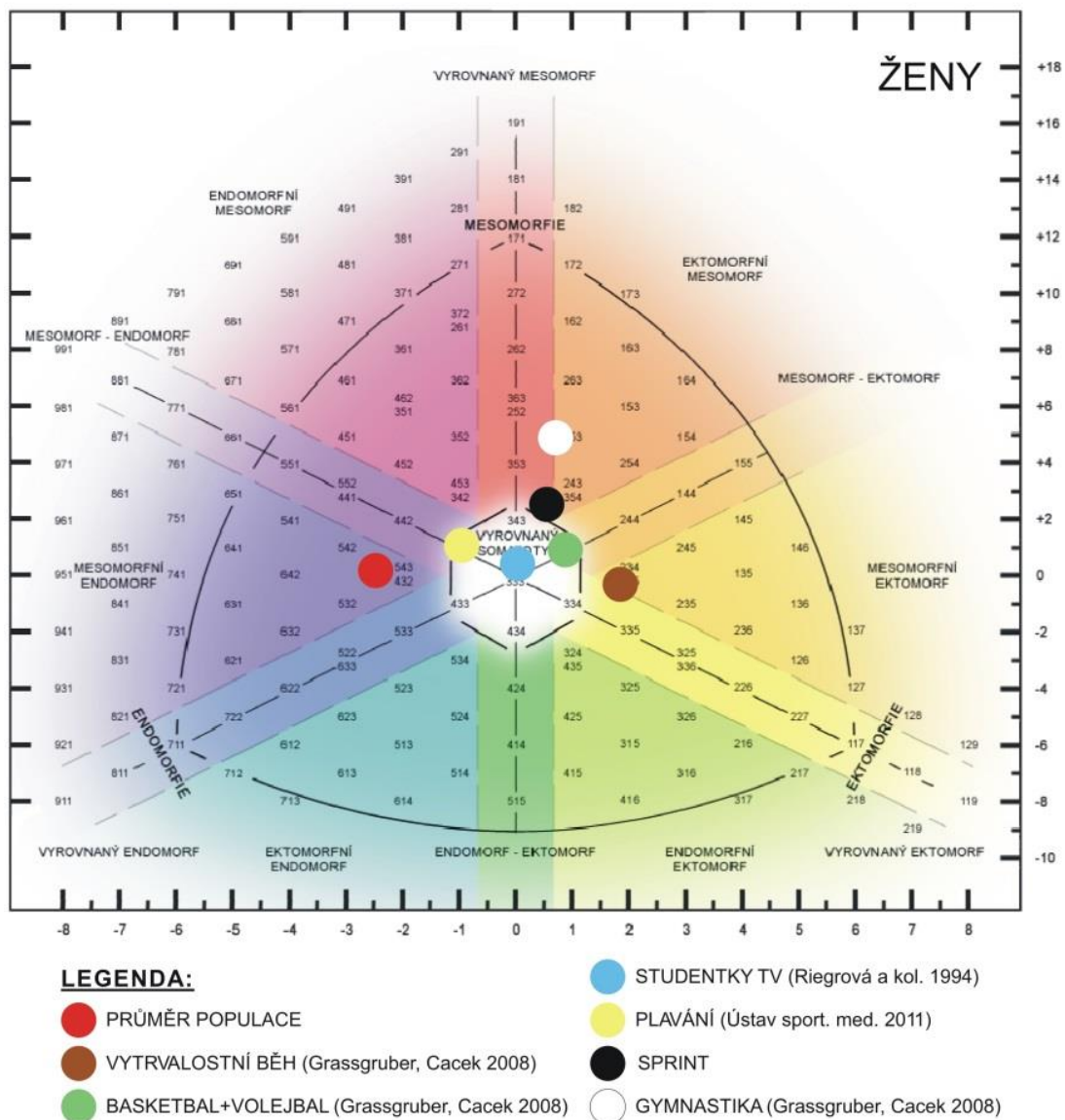
Kožní řasy:

- nad tricepsem (na zadní straně paže na volně visící HK vytvoříme podélnou řasu rovnoběžnou s osou HK)
- subskapulární (pod dolním úhlem lopatky měříme kožní řasu probíhající rovnoběžně s podélnou osou přiléhajícího žebra, při vytváření řasy vyšetřovaná osoba mírně upaží a poté při zapažení přitiskne předloktí této končetiny na záda těsně pod lopatku)
- suprailiální (nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře vytvoříme řasu rovnoběžnou s hranou kosti kyčelní)
- na lýtku (na zadní ploše lýtku v místě maximálního obvodu, nejlépe v sedě, koleno musí být v pravém úhlu)

Uvedené parametry zadej do Programku pro výpočet Somatotypu a dopočítané komponenty (endomorfie, mezomorfie a ektomorfie) si opiš do Protokolu. Hodnoty těchto komponent zanes do somatografu a zjisti, jaký typ somatotypu jsi. Následně porovnej svůj somatotyp se somatotypy mužů a žen v somatografech níže. Do protokolu napiš zhodnocení (jaký typ somatotypu jsi a v porovnání s ostatními spolužáky).



Obr. 3. Somatotyp - muži.



Obr. 4. Somatotyp - ženy.

Otázky k opakování:

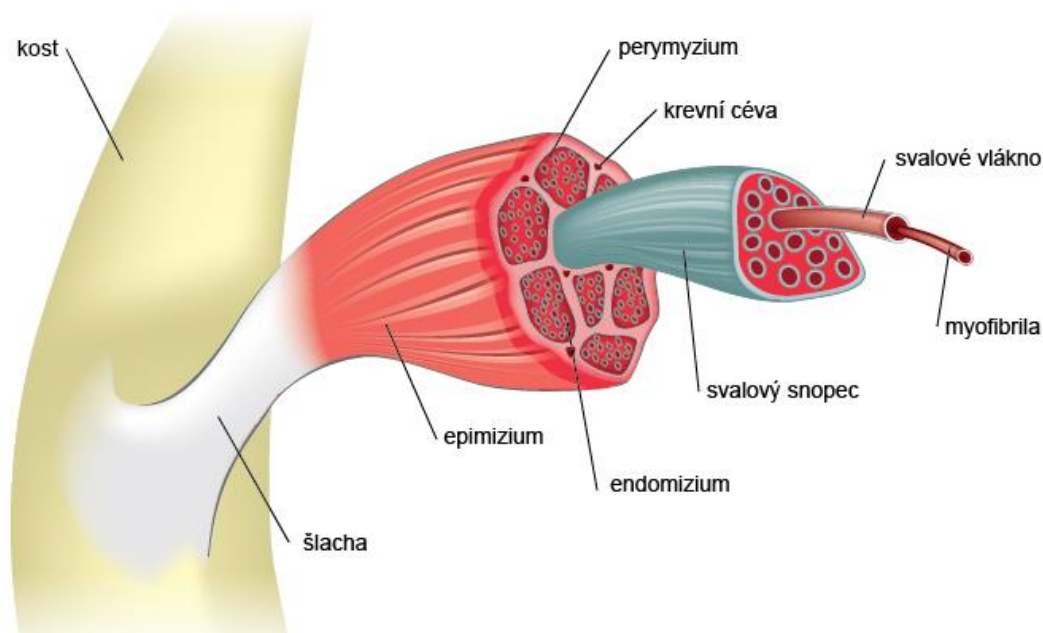
- Chemický model složení těla se skládá z:
 - proteinů, sacharidů, lipidů, minerálních látek a vody
 - tukové tkáně, kosterní tkáně, svalové tkáně a krve
 - buněk a tělesných tekutin
- Metoda bioelektrické impedance zjišťuje především:
 - svalovou složku
 - kosterní složku
 - tukovou složku
- Složení těla dle Matiegyky rozděluje tělo na:
 - tuk a tukuprostou hmotu

-
- b) kosterní složku, svalovou složku, tukovou složku a zbytek
 - c) endomorfní, mezomorfní a ektomorfní komponentu
- 4) Průměrný muž má přibližně% svalové složky z celkové hmotnosti:
- a) 11 – 16
 - b) 16 – 20
 - c) 40 – 48
- 5) Ektomorfní komponenta somatotypu vyjadřuje stupeň:
- a) tloušťky dle podkožního tuku
 - b) rozvoje svalstva a kostry
 - c) štíhlosti, křehkosti a relativní délky končetin

2 Svaly

Svaly (obr. 5), resp. svalové buňky (1 svalové vlákno = 1 svalová buňka) jsou základní hybnou jednotkou lidského organismu. Svalové vlákno je ohraničeno sarkolemou, která se místy vchlipuje a vytváří transverzální kanálky, tzv. T-tubuly, zajišťující přechod elektrického impulzu do svalové buňky. Funkční strukturu svalových vláken dále tvoří kontraktilní bílkoviny aktin a myozin (myofibrily). Myozinové vlákno obsahuje hlavice s ATPázovou aktivitou, které svým pohybem zajišťují posouvání myozinového vlákna po aktinovém a tím umožňují svalovou kontrakci. Aktinové vlákno tvoří komplex aktinu, troponinu a tropomyozinu. Aktin a tropomyozin jsou dvoušroubovice, aktin se obtáčí kolem tropomyozinu. Troponin má tři důležitá vazebná místa vážící aktin, tropomyozin a vápenaté ionty. Ty jsou nezbytné pro aktivaci vazebních míst myozinových hlav a vytvoření aktinomyozinových můstků. Vápenaté ionty jsou v klidových podmínkách uloženy v endoplazmatickém retikulu svalové buňky (sarkoplazmatické retikulum), kam se po kontrakci opět vrací. Další nezbytnou organelou pro funkci svalů jsou mitochondrie, v nichž probíhá resyntéza adenosintrifosfátu (ATP).

Spojení mezi nervovým a svalovým vláknem zajišťuje nervosvalová ploténka. Mediátorem přenosu je acetylcholin. Motorická jednotka je spojení motoneuronu s několika svalovými vlákny. Motorická jednotka obsahuje vždy stejný typ svalových vláken. Stupeň zapojení svalových jednotek (tzv. nábor) určuje stupeň svalové síly.



Obr. 5. Struktura svalového vlákna

Chemické složení svalu:

Anorganické látky: Ca, Na, K, Mg, Cl, H₃PO₄

Organické látky:

Proteiny:

- kontraktilní: aktin, myozin
- regulativní: troponin, tropomyozin
- transportní: myoglobin

Sacharidy:

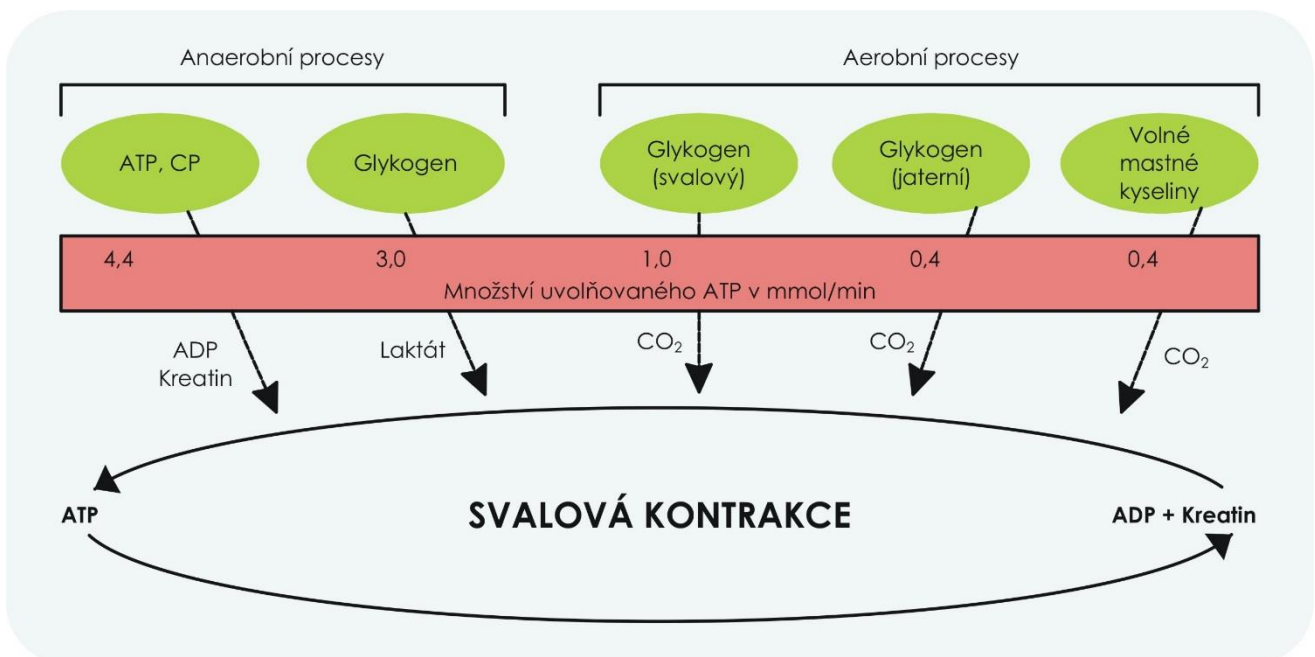
- energetické: glykogen

Lipidy:

- energetické: kapénky neutrálního tuku triacylglycerolu (TAG)

-

Zdroje energie pro svalovou činnost jsou uvedeny v následujícím obrázku (obr. 6).



Obr. 6. Jednotlivé energetické systémy svalové kontrakce

K resyntéze ATP ve svalu dochází:

- tvorba ATP ze 2 molekul ADP (myokinázová reakce)
- tvorba ATP z kreatinfosfátu (CP) (Lohmanova reakce)
- tvorba ATP při anaerobní glykolýze (s tvorbou laktátu) – z 1 mol glukózy – 2 mol ATP
- tvorba ATP při aerobním metabolismu v Krebsově cyklu (oxidací glukózy a mastných kyselin):
 - z 1 mol glukózy – 38 mol ATP
 - z 1 mol MK – 130-140 mol ATP

2.1 Diagnostika svalových vláken

Pro pochopení diagnostiky svalových vláken je třeba si nejprve připomenout, jaké typy svalových vláken u kosterních svalů člověka rozeznáváme (tab. 1). Následující tabulka uvádí základní tři typy svalových vláken včetně jejich základních vlastností.

Pro vědecké účely se v praxi používá pro diagnostiku svalových vláken invazivní metoda – svalová biopsie. Nejčastěji se odebírá vzorek svalové tkáně dutou jehlou z m. vastus lateralis, m. gastrocnemius, m. deltoideus). Po odběru vzorku se provádí vyšetření histochemické (% zastoupení jednotlivých typů svalových vláken, kapilarizace, obsah a čerpání glykogenu) a biochemické (množství substrátu – ATP, CP, glykogen, lipidy; aktivita enzymů aerobního a anaerobního metabolismu).

Tab. 1: Základní vlastnosti svalových vláken (upraveno dle Hamar, Lipková 1998).

vlastnosti	typ I	typ IIa	typ IIx
rychlost kontrakce	POMALÁ	RYCHLÁ	RYCHLÁ
síla kontrakce	NÍZKÁ	STŘEDNÍ	VYSOKÁ
odolnost vůči únavě	ODOLNÁ	ODOLNÁ	UNAVITELNÁ
metabolismus	OXIDATIVNÍ	OXIDATIVNÍ A GLYKOLYTICKÝ	GLYKOLYTICKÝ
obsah glykogenu	NÍZKÝ	VYSOKÝ	VYSOKÝ
hustota mitochondrií	VYSOKÁ	STŘEDNÍ	NÍZKÁ
hustota kapilár	VYSOKÁ	STŘEDNÍ	NÍZKÁ
aktivita ATPázy	NÍZKÁ	VYSOKÁ	VYSOKÁ
glykolytická kapacita	NÍZKÁ	VYSOKÁ	VYSOKÁ
průměr vlákna	MALÝ	STŘEDNÍ	VELKÝ

Poznámka: Ve starší literatuře jsou vlákna IIx označována jako IIb (byly zjištěny jiné izoformy myozinu).

Pro naše výukové potřeby se pokusíme odhadnout podíl svalových vláken pomocí experimentální metody, která pracuje s parametry lehkými zjištěnými v tréninkovém procesu – tzv. jedno opakovatelné maximum (1 MR – one maximum repetition). To znamená pracovat v posilovně s takovou zátěží, která nám dovolí vykonat v daném cviku pouze jedno jediné opakování.

Jak zjistit jedno opakovatelné maximum

- 1) Vyberte si svalovou skupinu, resp. cvik, který ji zatěžuje izolovaně a zjistíte si v daném cviku svoje jedno opakovatelné maximum
- 2) Jak budete znát zátěž, kterou zvládnete při daném cviku jen jedenkrát, naložte si na činku/stroj nejprve 70% z 1-MR a snažte se vykonat maximální počet úplných opakování. Číslo si zapište do protokolu. Po 10ti minutovém odpočinku zvyšte zátěž na 80% a opět se snažte vykonat maximální počet opakování. I nyní si zapište počet opakování do protokolu.

3) Vyhodnoťte pomocí tabulky podíl rychlých a pomalých svalových vláken u vybrané svalové skupiny.

70% z 1-MR

Počet opakování více jak 20 – převažují pomalá svalová vlákna

Počet opakování 15 – 20 poměr pomalých a rychlých svalových vláken je přibližně stejný

Počet opakování méně jak 15 – převažují rychlá svalová vlákna

80% z 1-MR

Počet opakování více jak 12 - převažují pomalá svalová vlákna

Počet opakování 8-12 – poměr pomalých a rychlých svalových vláken je přibližně stejný

Počet opakování méně jak 8 – převažují rychlá svalová vlákna

Před dnem „D“ si dopřejte 3 dny odpočinku, bez stresů, shonu, s dostatkem kvalitní stravy a spánku. V posilovně se nejprve dobře rozcvičte na daném stroji, na kterém chcete zjistit 1-MR. Doporučujeme následující počet sérií v první 10-12, ve druhé 3-5, ve třetí 2 opakování. Po poslední rozcvičovací sérii si dejte na 3-5 min pauzu, pak teprve přistupte k testu. Zvyšte si zátěž na úroveň, která by se ve vašem případě mohla přibližovat maximu pro jedno opakování a zkuste štěstí. Pokud jste ji zvládli a máte pocit, že by mohla být ještě o něco vyšší, dopřejte si 3 min odpočinek, přiložte si na činku 2,5 kg a pokračujte. Postup opakujte do momentu, kdy zvládáte – poslední zátěž, kterou jste v daném cviku zvládli, je pro vás jedno opakovatelným maximem.

Dalším postupem pro zjištění 1-MR, který slouží na odhadnutí maxima pro jedno opakování, je vzorec. Při něm pracujete s údaji, které jste zjistili velmi jednoduše i z klasického tréninku (tzn. nemusíte čekat na den „D“). Stačí, když si poznačíte zátěž a maximální počet opakování, které jste dokázali zvládnout v jedné sérii s danou zátěží. Pak dopočítejte 1-MR:

1-MR = počet opakování x zátěž činky x koeficient 0,0333 + zátěž na čince

Příklad: se zátěží 105 kg jste zvládli 17 dřepů:

1-MR = 17 x 105 x 0,0333 + 105 = 165 kg

DOMÁCÍ ÚKOL (Protokol č. 3):

Dle návodu výše zkuste v posilovně odhadnout podíl rychlých a pomalých svalových vláken u svalů dolních končetin (např. leg-press, dřep s činkou) a svalů horních končetin (např. bench-press). Zjištěný podíl zakresli do protokolu.

2.2 Druhy svalové kontrakce

V praxi lze definovat různé druhy svalové kontrakce, resp. jsme schopni definovat, jaký typ svalové kontrakce při konkrétním stahu převažuje. Krajními, v teorii často uváděnými typy kontrakce, jsou **izometrická** a **izotonická kontrakce** (viz. Skripta Fyziologie, kapitola Svaly). V praxi se ale spíše setkáváme s kombinací těchto základních kontrakcí:

- izometrická (z lat. izo=stejný, metrie=svalová délka)
- anizometrická (z lat. anizo=nestejný, metrie=svalová délka)
- izotonická (z lat. izo=stejný, tonus=svalové napětí)
- anizotonická (z lat. anizo=nestejný, tonus=svalové napětí)

V praxi při izometrické kontrakci, kdy se sval nezkracuje, (ale dochází k vytvoření aktinomyozinových můstků), roste svalové napětí. Pokud sval pracuje v tomto režimu, jde o statickou práci. V praxi při anizometrické kontrakci se mění jak svalová délka, tak zároveň s ní také svalové napětí. Pokud se sval zkracuje, mluvíme o koncentrické kontrakci, pokud sval při provádění práce se natahuje, mluvíme o excentrické svalové kontrakci. Při anizometrické kontrakci se jedná o dynamickou (kinetickou) práci. Pokud mluvíme o izokinetické kontrakci, máme na mysli opakovanou anizometrickou kontrakci se stejným stupněm zrychlení.

2.3 Měření síly svalových skupin – Dynamometrie

Dynamometrie se zabývá měřením síly určitých svalových skupin. Dynamometry jsou vybaveny tenzometry, které zaznamenávají vyvinutou sílu testovanou osobou po určitou dobu.

Typy dynamometrů dělíme dle svalové kontrakce využívané během měření. Nejjednodušší je ruční dynamometr.

Svalová síla se nejčastěji udává v N (kp).

Izometrická dynamometrie

Metoda izometrické dynamometrie je založena na izometrické svalové kontrakci, při níž roste svalové napětí, ale nemění se délka svalu. V praxi je nejjednodušší měření izometrické síly stisku prstů pomocí mechanického či elektrického dynamometru, tzv. handgripu. U mužů při stisku prstů naměříme 400-500 N, u žen okolo 300 N.

Sledované parametry při izometrické dynamometrii:

Maximální síla – F_{max} [N]

Maximální moment síly – $F_{max} \cdot \text{délka páky}$ [N•m]

Relativní maximální síla – $F_{max}/\text{hmotnost}$ [N•kg⁻¹]

K fixaci testované osoby slouží křeslo, které se snaží omezit pohyb dalších svalových skupin u měřené osoby. Výchozí pozicí pro měření síly extenzorů kolene je sed s 90° flexe v kolenním i kyčelním kloubu. Distální část bérce je spojena popruhem s tenzometrickou sondou, která zjišťuje sílu v Newtonech. Změříme délku bérce od zevní štěrbiny kolenního kloubu po střed popruhu na zevním kotníku. Před samotným měřením je třeba zadat vstupní data (osobní údaje, délku páky) do počítače. Měření probíhá ve třech pokusech, kdy je mezi nimi pauza na odpočinek a uvolnění. Izometrický dynamometr poskytuje informaci nejen o maximální síle, ale umožňuje také sledování dynamografické křivky neboli změny síly v čase.

ÚKOL (Protokol č. 3):

- 1) Změř si sílu svalů podílejících se na stisku ruky. Snaž se vyvinout maximální tlak na tenzometr. Měření opakuj 2-3x a zapiš nejvyšší dosaženou hodnotu. Porovnej pravou a levou ruku.
- 2) Za pomoci vyučujícího naměř izometrickou sílu flexorů (m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus) a extenzorů (m. quadriceps femoris) kolenního kloubu a zapiš do protokolu.
- 3) Za pomoci vyučujícího změř izometrickou sílu flexorů loketního kloubu (m. biceps brachii, m. brachialis).

Následně naměřené hodnoty porovnej s normou a pravou končetinu s levou, zhodnocení napiš do Protokolu.

Izokinetická dynamometrie

Metoda izokinetické dynamometrie je založena na izokinetické síle, nebo-li schopnosti dosáhnout maximálního silového výkonu v celém rozsahu pohybu při poměrně konstantní rychlosti.

Izokinetický dynamometr ovládá a zajišťuje konstantní rychlost bez ohledu na napětí v kontrahovaných svalech. Dále umožňuje testování izokinetických svalových kontrakcí při různých rychlostech.

Sledované parametry při izokinetické dynamometrii:

- silový výkon – F [N]
- kroutivý moment a moment síly [Nm]
- úhlová rychlost (o.s^{-1})
- rychlost lineárního pohybu (m.s^{-1})
- výkon (W)
- práce (J)

Otázky k opakování:

- 1) Hlavními kontraktilními bílkovinami ve svalu jsou:
 - a) troponin a tropomyozin
 - b) aktin a myozin
 - c) adenosintrifosfát a kreatinfosfát
- 2) K resyntéze ATP anaerobní cestou dochází při:
 - a) anaerobní glykolýze z kreatinfosfátu
 - b) anaerobní glykolýze z glykogenu
 - c) oxidací glukózy
- 3) Pomalá svalová vlákna se taktéž označují:
 - a) typ II
 - b) typ IIb
 - c) typ I
- 4) Při izometrické svalové kontrakci se:
 - a) mění svalová délka, ale nemění se svalové napětí
 - b) mění svalové napětí, ale nemění se svalová délka
 - c) sval se zkracuje
- 5) U žen při ruční dynamometrii (handgrip) naměříme sílu okolo:
 - a) 500 N
 - b) 300 N
 - c) 20 kg

3 **Metabolismus**

Metabolismus neboli látková přeměna je soubor všech enzymových reakcí (metabolických drah), při nichž dochází k přeměně látek a energií v buňkách lidského těla. Podle směru probíhající změny, která se děje, rozděluje metabolismus na anabolismu (výstavbový proces – energie se vytváří) a katabolismu (rozkladový proces – energie se spotřebovává). Všechny látky, které vznikají a přeměňují se při metabolismu, se označují jako metabolity.

Bazální neboli základní metabolismus je základní látková přeměna, ke které dochází v klidových podmínkách. Zjednodušeně bychom mohli říci, že mluvíme o spotřebě energie pro udržení základních životních funkcí v organismu. U dospělého člověka lze BM orientačně odhadnout v jednotkách MJ podle tohoto empirického vzorce:

$$\text{BM (MJ)} = \text{hmotnost (kg)} \cdot 0,1$$

Pro běžnou praxi se ale využívá přesnějších metod, viz. dále. Protože je měřením obtížné zajistit standardní podmínky (viz. níže), často se v praxi setkáváme s měření klidového metabolismu. Klidový metabolismus – potřeba energie pro chod organismu v klidových podmínkách, je obvykle o 10% vyšší než bazální metabolismus.

Průměrná hodnota BM se pohybuje okolo 7 000 kJ za 24 hod (5 500 – 8 300 kJ•24h⁻¹). Klidový metabolismus je asi o 1 600 – 1 700 kJ•24h⁻¹ vyšší než BM.

Pracovní metabolismus – potřeba energie pro chod organismu během každodenních činností, ale také pohybové aktivity provozované ať už v rekreační anebo závodní formě.

Kalorimetrie se zabývá měřením energetických požadavků organismu.

Přímá kalorimetrie

Při využití této metody se zjišťuje množství vydaného tepla za určitou dobu. Sledovaný jedinec je umístěn do izolované místnosti). Při výdeji tělesného tepla se ohřívá okolní vzduch, následně se teplo odebírá do vodní lázně a měří se teplota vody. Této metody je využíváno málo, neboť izolovaná místnost je dosti finančně náročná.

Nepřímá kalorimetrie

Nepřímá kalorimetrie se někdy také nazývá energometrie. Jedná se o různé metody zjišťování bazálního, klidového či pracovního metabolismu. Nejpresnější metodou je zjišťování energetického obratu pomocí analyzátorů vzduchu, sledujeme příjem kyslíku, výdeje oxidu uhličitého a poměru respirační výměny. Zjištění těchto hodnot umožňuje poměrně přesný odhad velikosti energie, spotřebované v klidu nebo při zatížení. Při měření musí být v laboratoři teplota 20-25°C, aby byly co nejméně namáhány termoregulační mechanismy.

Další metodou odhadu výdeje energie je určení tzv. náležitého bazálního metabolismu pomocí tabulek. Naopak přímo v terénu pro zjištění energetického výdeje využíváme kalorimetrů či krokoměřů.

Poměr respirační výměny

Poměr respirační výměny je podíl mezi vydýchaným oxidem uhličitým a přijatým kyslíkem.

Pokud je měřen a počítán analyzátořem, jehož snímač umístěn na začátku dýchacích cest (ústa a nos), je to tzv. poměr respirační výměny mezi vzduchem a plícemi - **R** nebo **RER** (respiratory exchange ratio). Při zátěži může dosáhnout hodnot i nad 1,00.

Pokud máme na mysli poměr respirační výměny na rozhraní krve a tělesných tkání, pak je to tzv. respirační kvocient **RQ**. Nepřesáhne hodnotu 1,00.

R odpovídá RQ pouze v rovnovážném stavu. Za těchto podmínek může informovat o podílu zdrojů v energetickém metabolismu (tuky, cukry).

3.1 Stanovení bazálního metabolismu výpočtem

Jak už bylo uvedeno výše, pro zjištění bazálního metabolismu se v praxi nejčastěji používají tabulkové hodnoty, tzv. náležité hodnoty bazálního metabolismu (nál. BM). Nál. BM udává průměrný energetický výdej zdravé osoby za bazálních podmínek s přihlédnutím k věku, výšce, hmotnosti a pohlaví vyšetřované osoby. K výpočtu se užívají tabulky Harris a Benedicta nebo také tzv. Harris-Benedictova rovnice.

Pro ženy:

$$BM [kcal \cdot 24h^{-1}] = 655 + (9,6 \cdot \text{hmotnost v kg}) + (1,8 \cdot \text{výška v cm}) - (4,7 \cdot \text{věk v letech})$$

Pro muže:

$$BM [kcal \cdot 24h^{-1}] = 66 + (13,7 \cdot \text{hmotnost v kg}) + (5 \cdot \text{výška v cm}) - (6,8 \cdot \text{věk v letech})$$

např. 50letá žena s hmotností 65 kg a výškou 165 cm si BM vypočítá podle uvedeného vzorce takto:

$$BM = 655 + (9,6 \cdot 65) + (1,8 \cdot 165) - (4,7 \cdot 50) = 1\,348 \text{ kcal} \cdot 24h^{-1} = 5\,640 \text{ kJ} \cdot 24h^{-1}$$

ÚKOL (Protokol č. 4):

Dopočítej hodnotu svého nál. bazálního metabolismu dle Harrise a Benedicta. Buď dle tabulkových hodnot anebo dle rovnice výše, pro výpočet také můžeš použít Prográmek pro výpočet BM dle Harris-Benedictovi rovnice. Pokud potřebuješ převést jednotky kilokalorie na kilojouly, použij následující vzoreček:

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

Převod BM za 24 hodin na BM za 1 hodinu se provede dělením počtu hodin v jednom dni, tj. číslem 24.

Dopočítané hodnoty porovnej s průměrnou hodnotou (viz. výše).

3.2 Stanovení bazálního a klidového metabolismu měřením

Jak už bylo naznačeno výše jednou z přesnějších metod pro stanovení hodnoty bazálního a klidového metabolismu je měření za pomoci analyzátoru plynů (příjem kyslíku, výdej oxidu uhličitého).

Bazální metabolismus

Před měřením bazální energetické potřeby je třeba dodržet následujících podmínek. Měřená osoba by měla být nalačno 12 hod od posledního jídla. Neměla by v posledních 24 hodinách provozovat pohybovou aktivitu. Měření se provádí po probuzení.

V praxi častěji měříme klidový metabolismus, je snazší dosáhnout stanovených podmínek měření.

Klidový metabolismus

Před měřením klidové energetické potřeby je třeba dodržet následujících podmínek. Měřená osoba by měla být nalačno 4-5 hod od posledního jídla. V posledních 2 hod by neměla pít alkohol a 4 hod také kofein. Nikotin je taktéž zakázán v posledních 2 hod. V posledních 2 hodinách by neměla provozovat pohybovou aktivitu střední intenzitou. Pohybová aktivita vysokou intenzitou může být nejpozději 14 hod před samotným měřením. Měření se provádí v ranních hodinách. Před samotným měřením je třeba 10-20 min tělesný a duševní klid na lůžku v klidovém prostředí. Vyšetřované osobě nasadíme masku. Měření provedeme do doby dosažení setrvalého stavu, který je definován rozptylem hodnot CO_2 , O_2 a RER (resp. RQ), minimálně 10 min.

Množství kyslíku spotřebované za jednotku času je úměrné množství uvolněné energie. Průměrné množství uvolněné energie na 1litr spotřebovaného kyslíku je 20,1 kJ (4,82 kcal).

Nové mobilní přístroje také kromě laboratorního měření zjišťují energetický výdej během zatížení v terénu (např. Oxycon Mobile). V softwarech se také energetický výdej během zatížení vyjadřuje v jednotkách zvaných metabolický ekvivalent. 1 MET odpovídá příjmu kyslíku 3,5 ml/min/kg.

ÚKOL (Protokol č. 4):

V laboratoři za pomoci vyučujícího na jedné testované osobě změřte klidový metabolismus. Naměřenou hodnotu porovnej s predikovanou hodnotou uvedenou ve zprávě z měření a zapiš do Protokolu.

3.3 Výpočet 24h energetického výdeje

Výdej energie za bazálních či klidových podmínek je nižší než výdej energie v průběhu běžného pracovního dne. Tehdy vydáme podle druhu pracovní činnosti další energii, závisící na intenzitě a délce prováděné činnosti. Činnosti můžeme popsat jako sedavé zaměstnání, práci mírné intenzity, těžkou práci atd. Takový přibližný a subjektivní popis je pro výzkumné účely většinou nevhodný, kdy je nezbytné intenzitu činností blíže kvantifikovat, ale pro studijní účely je dostačující.

Nejjednodušším způsobem stanovení pracovního metabolismu je výpočet z tabulek (% nál. BM), sestavených na základě energometrických měření u různých pohybových činností.

V tabulkách níže najdete přibližný energetický výdej za 24 hod u mužů a žen při různé aktivitě během dne v závislosti na výšce a hmotnosti jedince (Tab. 2 a 3). U sportovců energetický výdej za 24 hod, pokud měli náročný trénink či závod, může být téměř až 20 000 kJ.

Tab. 2. Energetický výdej za 24 hod v kJ u mužů.

MUŽI (věk 20 – 30 let)				
VÝŠKA (cm)	HMOTNOST (kg)	AKTIVITA ŽÁDNÁ	STŘEDNÍ AKTIVITA	VYSOKÁ AKTIVITA
170	60	9 800	10 800	11 800
	70	10 500	11 500	12 500
180	70	10 500	11 500	12 500
	80	11 300	12 400	13 500
190	80	11 300	12 400	13 500
	90	12 200	13 000	14 100

Tab. 3. Energetický výdej za 24 hod v kJ u žen.

ŽENY (věk 20 – 30 let)				
VÝŠKA (cm)	HMOTNOST (kg)	AKTIVITA ŽÁDNÁ	STŘEDNÍ AKTIVITA	VYSOKÁ AKTIVITA
160	50	7 500	8 600	9 100
	60	8 200	9 200	10 100
170	60	8 200	9 200	10 100
	70	8 900	10 000	11 100
180	70	8 900	10 000	11 100
	80	9 600	10 800	12 100

ÚKOL (Protokol č. 5):

V týdnu si vyber jeden den (nejlépe kdy máš min. sportovních aktivit), kdy si budeš zaznamenávat všechny prováděné aktivity během dne, včetně délky jednotlivých činností. Sečti stejné aktivity a zapiš je včetně délky trvání do Protokolu. Podle tabulek zjistíme, jak která činnost zvyšuje nál. BM. U jednotlivých činností vypočteme výdej energie a jejich sečtením dostaneme hodnotu pracovního metabolismu za 24 hod.

$$E \text{ (kJ)} = \frac{\text{činnost (hod)} \times \% \text{ nál. BM} \times \text{BM (kJ} \times \text{h}^{-1})}{100}$$

Příklad:

Student FSpS, 21 let, výška 180 cm, hmotnost 75 kg. Tento student má BM 7 762 kJ za 24 hod (tj. $323 \text{ kJ} \times \text{h}^{-1}$).

Výpočet energetického výdeje při 8 h trvajícím spánku, za předpokladu, že ve spánku je ho úroveň 110% náležitého BM:

$$E \text{ (kJ)} = \frac{8 \times 110 \times 323}{100}$$

Nepřímá kalorimetrie – akcelerometrie

Akcelerometry jsou malé lehké a cenově dostupné přístroje citlivé na zrychlení pohybu těla v prostoru. Jednodušší přístroje reagují na pohyb dopředu a nahoru, ty lepší i na pohyb do stran. Tyto přístroje lze využít při pohybových aktivitách prováděných nízkou až submaximální intenzitou.

Před měřením je třeba do kalorimetru zadat vstupní údaje jako je pohlaví, věk, hmotnost a výška.

Akcelerometry nazvané kalorimetry převádějí vykonanou práci přímo na kilokalorie. Speciální senzor hodnotí okamžitou intenzitu pohybu na stupnici 0-9.

Krokoměr je jednoduchý přístroj umožňující měření počtů kroků při chůzi pomocí mechanického zařízení, citlivého a reagujícího na zvednutí a pokles těžiště těla. Před použitím krokoměru je nutné změřit délku kroku.

ÚKOL (Protokol č. 5):

Provedením jednoduchého 5ti minutového testu, porovnej naměřené hodnoty pomocí kalorimetru u 2-3 osob s různou činností (leh, sed, chůze apod.). Do přístroje zadej vstupní data (pohlaví, věk, výška, hmotnost). Naměřené hodnoty přepočítej na KJ a zapiš do Protokolu.

3.4 Výpočet energie získané z příjmu potravy

Veškerá energie vydaná při jednotlivých aktivitách je uhrazována z potravy. Organismus může po určitou dobu čerpat ze zásob energie uložených ve vlastních tkáních, které jsou však spíše pohotovostního charakteru a musí se doplňovat potravou. Dlouhodobý výrazný rozdíl mezi příjmem a výdejem vyvolává značné změny v tělesné hmotnosti. Pokud chceme tělesnou hmotnost udržovat v rovnováze, měl by být příjem a výdej energie v rovnováze. Zůstává-li tělesná hmotnost konstantní, lze z příjmu potravy odhadnout energetický výdej. U dětí a sportovců je energetická potřeba relativně vyšší, protože část přiváděné energie se využívá k výstavbě nových tkání organismu, resp. k regeneraci. Výpočet energie z potravy bude náplní předmětů Sportovní výživy.

Otázky k opakování:

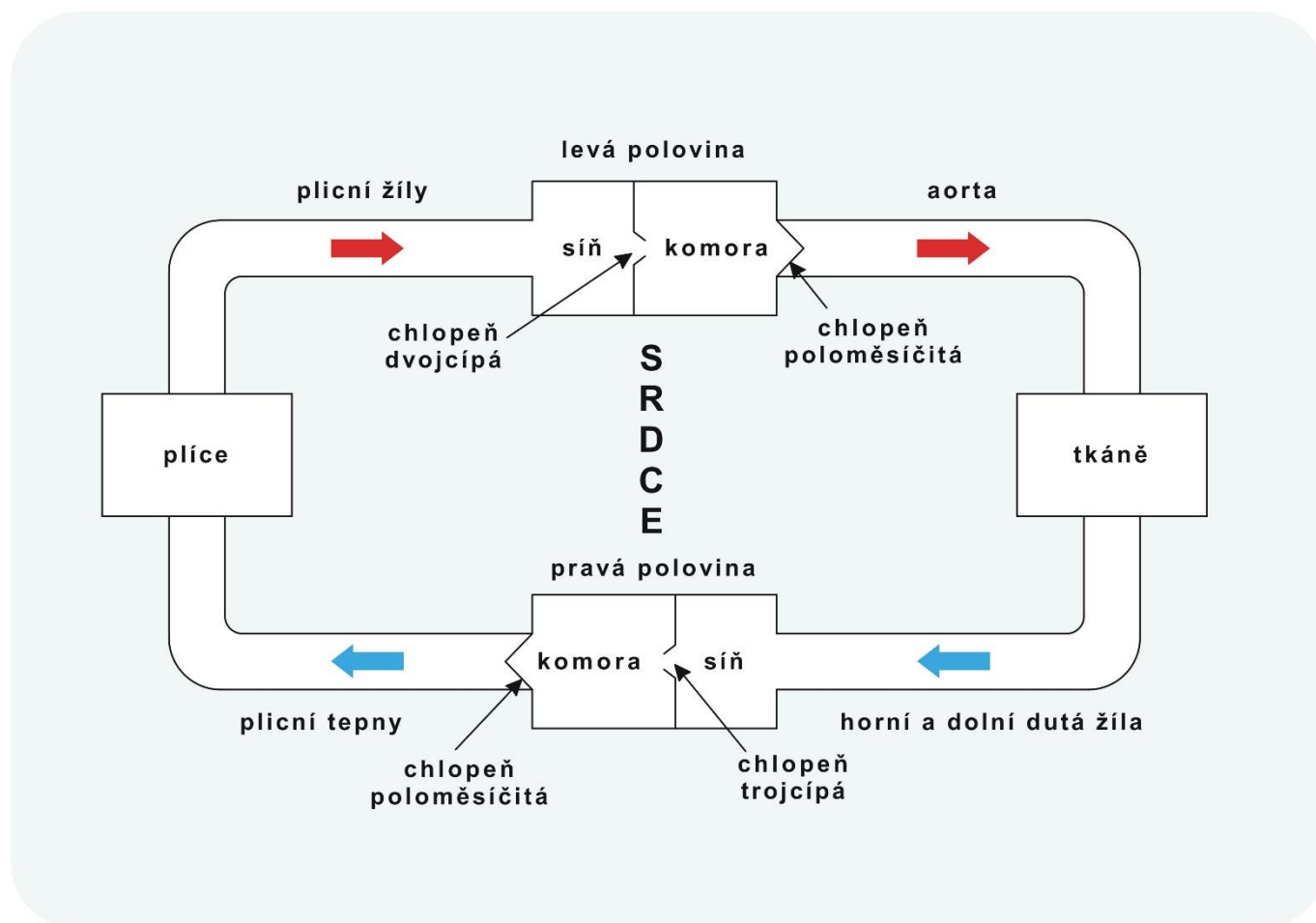
- 1) Klidový metabolismus je:
 - a) potřeba energie pro chod organismu v klidových podmínkách
 - b) potřeba energie pro udržení základních životních funkcí
 - c) přibližně o 30% vyšší než bazální metabolismus
- 2) Nepřímá kalorimetrie se také nazývá:

-
- a) energometrie
 - b) bazální metabolismus
 - c) akcelometrie
- 3) Poměr respirační výměny je podíl mezi:
- a) respiračním kvocientem a přijatým kyslíkem
 - b) spotřebovaným kyslíkem a vydýchaným oxidem uhličitým
 - c) vydýchaným CO₂ a přijatým O₂
- 4) K výpočtu bazálního metabolismu se v praxi nejčastěji používá:
- a) Harris-Benedictova rovnice
 - b) akcelerometrie
 - c) přímá kalorimetrie
- 5) Průměrný výdej energie za den u žen se pohybuje okolo:
- a) 7 500 – 12 000 kJ
 - b) 10 000 – 15 000 kJ
 - c) 20 000 kcal

4 Oběhový systém

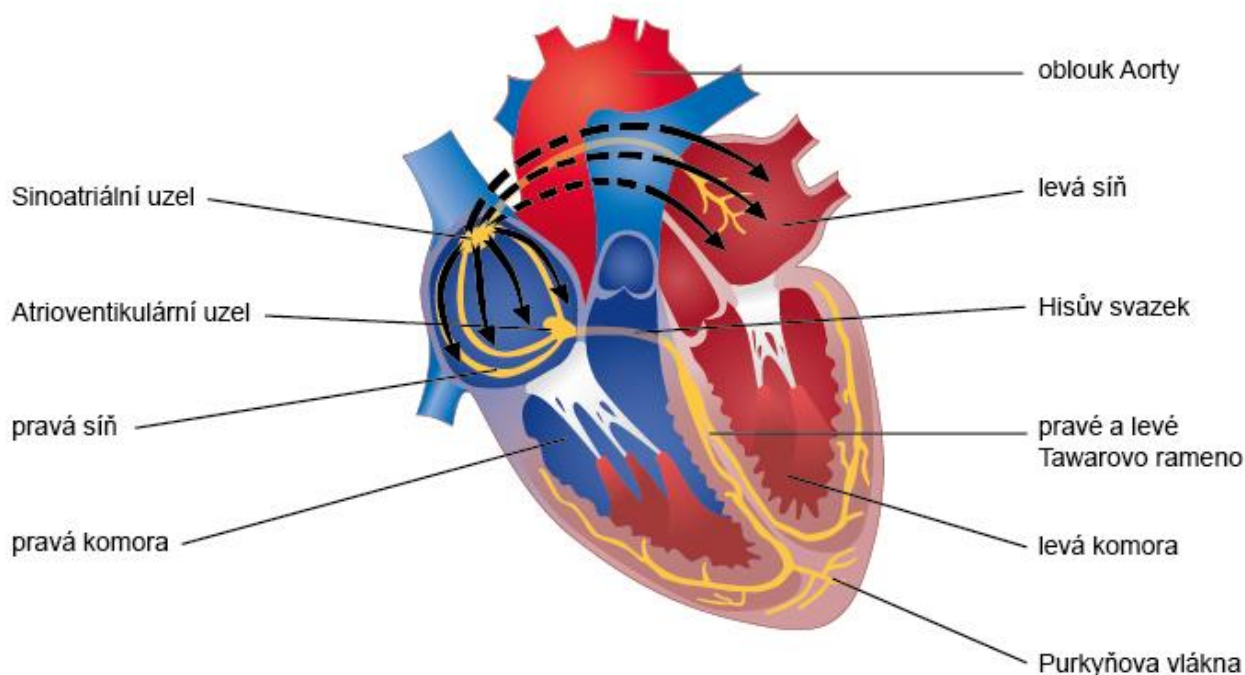
Buňky lidského těla jsou pomocí kardiovaskulárního (oběhového) systému zásobovány kyslíkem a živinami. Kardiovaskulární systém (obr. 7) se také podílí na odstraňování oxidu uhličitého a jiných zplodin energetického metabolismu a na transportu různých regulačních substancí, především hormonů. Krev je srdcem neustále hnána skrze cévy do celého těla.

Srdce se skládá ze dvou polovin (levá a pravá). Každá polovina obsahuje síň a komoru. Síň jsou od komor odděleny dvěma srdečními chlopněmi, které zabraňují návratu krve zpět do síní. Pravá polovina srdce odvádí odkysličenou krev do malého krevního oběhu (plicní oběh). Levá polovina srdce, kam je přiváděna okysličená krev z plic, pumpuje krev aortou do velkého krevního oběhu (tělní oběh). Také na výstupu ze srdečních komor jsou chlopně, které brání návrtu krve do komor. Cévy přivádějící krev do srdce jsou označovány jako žíly (vény) a cévy odvádějící krev ze srdce jsou označovány jako tepny (artérie).



Obr. 7. Schématické znázornění srdečně cévního systému (srdce v období diastoly).

Automacie srdce je jeho schopnost si vytvářet vlastní podráždění v buňkách převodního systému, výjimečně v myokardu. Rytmicita srdce je dána pravidelným opakováním elektrické činnosti srdce. Ta je impulzem pro činnost (kontrakci) svalových buněk srdce. Převodní systém srdeční tvoří: **sinusový uzlík** (sinoatriální uzel), z něhož se šíří podráždění na síňokomorový uzel (atrioventrikulární uzel), Hisův svazek, Tawarova raménka a Purkyňova vlákna (viz obr. 8).



Obr. 8. Převodní systém srdeční.

Srdeční cyklus (srdeční revoluce) má 4 hlavní fáze: napínací, vypuzovací, fázi izovolumické relaxace a fázi plnicí. Při fázi napínací (izovolumické) jsou uzavřeny všechny chlopně. V druhé fázi vypuzovací (ejekční), jsou otevřeny poloměsíčité chlopně a uzavřené cípate chlopně. První dvě fáze jsou nazývány jako systola komor, další dvě pak jako diastola komor. Při fázi izovolumické relaxace tlak v komorách klesá na hodnotu nižší než je v síních a všechny chlopně jsou uzavřeny. Ve fázi plnicí se otvírají chlopně mezi síněmi a komorami, tlak v síních klesá a komory se znovu rychle plní.

Mezi základní ukazatele srdeční činnosti řadíme:

- srdeční frekvenci
- systolický objem srdce (neboli tepový objem)
- minutový objem srdce (neboli minutový srdeční výdej)

Elektrické projevy srdeční činnosti (akční potenciály) lze zaznamenat a zobrazit elektrokardiografií (EKG).

4.1 Srdeční frekvence

Frekvence stahů srdečních komor, vypuzujících krev do krevního oběhu, je určována frekvencí vzruchů vznikajících v centrech srdeční automacie. Tyto vzruchy vznikají v sinusovém uzlu.

U dospělého člověka je klidová srdeční frekvence v průměru 70 tepů/min. vytrvalostně trénovaní sportovci mají nízkou klidovou hodnotu srdeční frekvenci (vagotonici, převaha parasympatiku).

Srdeční frekvence je nejpřístupnějším a proto v praxi nejčastějším měřeným parametrem. Je třeba si uvědomit, že ji ale ovlivňuje řada faktorů (genetická dispozice, trénovanost, teplota tělesného jádra,

klimatické podmínky, intenzita a typ fyzického zatížení, psychická zátěž, trávení, únava, reflexní dráždění a látkové vlivy.

Srdeční frekvence (SF) = srdeční frekvence je měřena na srdci

Tepová frekvence (TF) = tepová frekvence je měřena na tepně (nejčastěji na vřetenní tepně - a. radialis)

Metody měření srdeční/tepové frekvence:

- palpační metoda (hmatem)
- auskultační metoda (poslechem)
- měření pomocí přístrojů (založeno na el. principu)
- EKG

Palpační metoda

Jedná se o nejvíce dostupnou metodu zjištění tepové frekvence. Přestože je tep hmatný na řadě větších tepen, v praxi se ustálilo vyšetřování tepu palpační metodou na radiální tepně na zápěstí pravé ruky. Pulz hmatáme bříšky alespoň tří prstů současně, za mírného tlaku na tepnu. Tímto způsobem měříme tep 10 nebo 20 sec., po vynásobení zjistíme jaká je tepová frekvence za minutu. Měření TF na krkavici (a. karotis) na krku se neukázalo jako vhodné, neboť odtud může být tlakem palpujících prstů reflexně zpomalena činnost srdce podrážděním baroreceptorů uložených v oblasti měření.

Měření SF sportestery

Pro přesnější monitorování a záznam srdeční frekvence slouží měřiče tepu nebo-li tzv. **sportestery**. Sportester se skládá z kódového vysílače se dvěma integrovanými elektrodami, které se připevňují na hrudník pomocí elastického popruhu. Zaznamenaná srdeční frekvence se vysílá do hodinek na zápěstí, ty fungují jako přijímačka.

V dnešní době je na trhu řada značek a typů sportesterů. Obvykle dražší sportestery lze propojit s počítačem a po výkonu lze hodnotit SF pomocí softwaru.

ÚKOL (Protokol č. 6):

Změř si hodnotu svoji srdeční frekvenci palpačně na a. radialis v sedě při hodině Fyziologie a následně svoji klidovou hodnotu SF doma ráno po probuzení. Obě hodnoty porovnej.

Maximální srdeční frekvence

Maximální srdeční frekvence závisí na věku, pohlaví, teplotě, denní době a aktuálním psychickém a fyzickém stavu. Výpočet maximální srdeční frekvence je důležitým krokem pro řízení tréninkového zatížení (vyjádření intenzity zatížení organismu, např. tréninkových zón). Jednoduše lze odhadnout hodnotu maximální srdeční frekvence podle věku z následujícího vzorce:

$$SF_{\max} = 220 - \text{věk (roky)}$$

Např. 20 letému muži náleží $SF_{\max} = 220 - 20 = 200$ tepů za 1 minutu ($t \cdot \text{min}^{-1}$)

Na základě vypočítané maximální srdeční frekvence můžeme určit tréninkovou srdeční frekvenci při určitém % SF_{\max} .

Např. pro trénink na úrovni 70% SF_{\max} :

$$70\% SF_{\max} = SF_{\max} \cdot 0,7$$

Např. u 20 letého muže je $70\% SF_{\max} = 200 \cdot 0,7 = 140 \text{ t} \cdot \text{min}^{-1}$

Sledování a záznam **srdeční frekvence** tedy poskytuje údaje pro posouzení intenzity zatížení srdce a oběhu při zatížení v laboratoři nebo pohybové aktivitě v terénu.

Po zjištění SF_{\max} vypočtete hodnoty dolních a horních hranic jednotlivých tréninkových pásem podle tabulky (tab. 4).

Tab. 4. Výpočet pro dolní a horní hranice tréninkových pásem.

ZÁTĚZOVÉ PÁSMO	SF _{max}	DOLNÍ MEZ	SF _{max}	HORNÍ MEZ
POHYB PRO ZDRAVÍ	x 0,50 =		x 0,60 =	
REGULACE HMOTNOSTI	x 0,60 =		x 0,70 =	
ROZVOJ KONIDCE	x 0,70 =		x 0,80 =	
ZVYŠOVÁNÍ VÝKONNOSTI	x 0,80 =		x 0,90 =	
ZÁVODNÍ (např. 400 m běh)	x 0,90 =		x 1,00 =	

Terénní test SF_{max}

Předpokladem pro dosažení SF_{\max} je co možná nejvyšší tělesné zatížení. Jestliže však budete mít v průběhu testu akutní obtíže, jako jsou bolest v hrudním koši, problémy s dýcháním, nevolnost, bolest ve svalech či kloubech, atd., musíte test okamžitě přerušit a tento problém po lékařské stránce vyjasnit. Kvůli velmi vysokému zatížení se doporučuje provádět test nejdříve jednu až dvě hodiny po jídle.

Příprava:

Pokud je to možné, pořídte si (půjčte si) sportester, který bude během testu zaznamenávat SF. Ideální je, pokud máte takový sportester, který po ukončení testu můžete propojit s PC. Najděte si optimální trasu, kde nehrozí žádné nebezpečí. Pokud test budete provádět na kole či in-linech, trať by neměla mít žádné zatáčky, kde by bylo nutné zpomalovat nebo dokonce brzdit. Optimální by byl běžecký ovál. Dráha by měla být alespoň tak dlouhá, abyste se na ní mohli pohybovat s maximálním úsilím alespoň 4-5 minut.

Rozcvičení:

Rozběhání, rozjíždění (6-8 min) do doby, kdy budete cítit, že je váš organismus zahřátý a uvolněný. Potom proveďte tři opakovaná stupňovaná zatížení trvající 10 s, při nichž dosáhnete zhruba 80% vaší max. rychlosti. Mezi těmito intervaly snižte opět intenzitu a ponechte tolik času, aby se SF organismu vrátila zhruba do výchozích hodnot. Potom byste měli protáhnout nejdůležitější svalové skupiny.

Test:

Test by měl být proveden jako stupňovaný zátěžový test s celkem čtyřmi stupni zatížení. Pro řízení testu potřebujete stopky. Pokud můžete, je výhodné s sebou vzít pomocníka v podobě druhé osoby, která např. vedle vás pojede na kole a bude vám hlídat čas. Test začněte stálou rychlostí, odpovídající intenzivní vytrvalostní zátěži, kterou byste byli schopni vydržet po dobu zhruba 30 – 40 min. Udržujte

toto tempo po dobu jedné minuty. Potom zvyšujte rychlost každých 30 s tak, abyste zhruba ve čtvrtém intervalu dosáhli své max. rychlosti. Během posledního stupně musíte vydržet zátěž tak dlouho, dokud se nebudete cítit úplně vyčerpaní a dokud se nedostaví pocit, že už dále nemůžete. Optimální je, když je testovací dráha postavena tak, že musíte v posledním úseku absolvovat mírné stoupání (2-5 %), protože dojde k zapojení dalších svalových skupin a současně dojde k ještě větší stimulaci srdeční aktivity.

Po testu:

I když to je velmi obtížné: Nikdy po vysoce intenzivním zatížení náhle nezastavujte! Snažte se pohybovat zlehka dále, abyste mírně zatěžovali svalstvo a udrželi tak krevní oběh v činnosti. To zabrání vzniku nevolnosti a současně podpoří i fázi regenerace. Pohybujte se ještě zhruba 10 minut (vyklusání, vyjetí apod.) a na závěr ještě jednou protáhněte zatížené svalové skupiny. Po skončení testu můžete ze svého sportesteru zjistit svoji SFmax.

Pozn.

Pokud nemáte sportester, po ukončení testu si změřte svoji SF palpačně (10 s).

Ideální je test provést ve sportovním odvětví, pro jehož trénink potřebujeme zjistit příslušné hodnoty.

Pokud jste test ještě nikdy neprováděli, doporučuje se provést test 3-4 x například během jednoho týdne, abyste získali dostatečné zkušenosti a odstranili eventuální chyby v jeho průběhu.

ÚKOL (Protokol č. 6):

Vypočítej svoji hodnotu SFmax podle vzorce závislosti na věku. Za DÚ si zjisti svoji SFmax v terénu (popis výše).

Porovnej dopočítanou hodnotu SFmax s naměřenou hodnotou SFmax a vzájemně je porovnej.

Následně dopočítej hodnoty SF pro tréninková pásma.

4.2 Chladový test

Ponořovací (diving) reflex je přirozenou reakcí na podráždění chladových receptorů. Přitom dochází k periferní vazokonstrikci, zmenšení objemu krevního řečiště a podráždění bloudivého nervu, který tlumí aktivitu udavatele rytmu srdce, sinoatriální uzel. Dochází k výraznému poklesu srdeční frekvence o 10-40 i více %. U citlivějších osob může dojít i k závažným poruchám srdečního rytmu až zástavě srdce. Proto je toto vyšetření rizikové.

Hlavní chladovou zátěž představuje ponoření obličeje do vody s teplotou kolem 5-10°C se zadržením dechu na dobu alespoň 30-40 sec, zpravidla 50 s u žen a 60 s u mužů. Přitom se sleduje EKG – srdeční frekvence a případné poruchy rytmu.

S ohledem na vyšší riziko srdeční dysrytmie u citlivějších osob by ponoření obličeje měl předcházet pretest s méně intenzivní chladovou zátěží - ponoření předloktí do studené vody, alespoň na 60 s. Chladový test diving reflexu pomáhá u potápěčů posoudit jejich citlivost k této zátěži a odhalit zvýšené riziko poruch srdce při potápění v chladné vodě.

ÚKOL (Protokol č. 7):

Za pomoci vyučujícího proveďte na testované osobě chladový test. Zaznamenané hodnoty srdeční frekvence запиšte a zanešte do grafu v Protokolu.

4.3 Variabilita srdeční frekvence

Variabilita srdeční frekvence je kolísání srdeční frekvence. Zjišťuje se měřením času mezi dvěma sousedními R kmity EKG záznamu. K jejímu hodnocení se provádí spektrální neboli frekvenční a časová analýza. Především spektrální analýza dovoluje posoudit aktuální stav autonomního nervového řízení a srdce.

Jde tedy o citlivou nespécifickou diagnostickou metodu vnitřního lékařství, tělovýchovného lékařství, kardiologie a neurologie. V klinické praxi analýza umožňuje posoudit např. míru difúzního poškození myokardu, rizika srdeční smrti při ischemické chorobě srdeční, toleranci transplantovaného srdce příjemcem. Ve sportovní medicíně bývá využita v diagnostice přetrénování, které prochází fázemi s různým vlivem sympatiku a parasympatiku.

U nás máme k dispozici systém VariaCardio TF4 pro analýzu 300-600 pulzů.

Vlastní vyšetření je velmi citlivé na stav organismu i zevní podmínky prostředí při vyšetření (psychický a tělesný klid, hluk, přítomnost další osoby, teplota). Provádí se po 10 minutovém zklidnění na lehátku: 5 minut vleže a 5 minut vstoje.

V tabulce výsledků nebo v grafu se hodnotí 3 komponenty výkonnostního spektra:

- Velmi nízká frekvence (10-50 mHz) má vztah především k sympatické aktivitě a je ovlivněna např. cirkulujícími katecholaminy, renin-angiotenzinovým systémem, stavem vnitřního prostředí.
- Nízká frekvence (50-150 mHz) je značně ovlivněna baroreflexní sympatickou aktivitou, koresponduje s pomalými oscilacemi arteriálního tlaku.
- Vysoká frekvence (150-500 mHz) je ovlivněna především vagovou aktivitou, především při expiraci. Proto koresponduje s periodicitou dýchání.

ÚKOL (Protokol č. 8):

Za pomoci vyučujícího provedte na testované osobě záznam variability srdeční frekvence. Zaznamenané hodnoty srdeční frekvence zapíšte a zaneste do grafu v Protokolu.

4.4 EKG

Pomocí EKG jsme schopni zaznamenat elektrickou aktivitu srdce. Elektrický impuls vzniká v sinusové (sinoatriálním) uzlu, dále se šíří přes síně (stah síní) do atrioventrikulárního uzlu a odtud do dalších částí převodního systému (Hisův svazek, Purkyňova vlákna, Tawarova raménka) po komorách. Díky tomu dojde následně ke stahu komor (srdeční kontrakci) – obr.8. Sinusový uzel je tzv. „peacemaker“ – udavatelem rytmu. Odtud se impuls šíří dále frekvencí okolo 60-100/min.

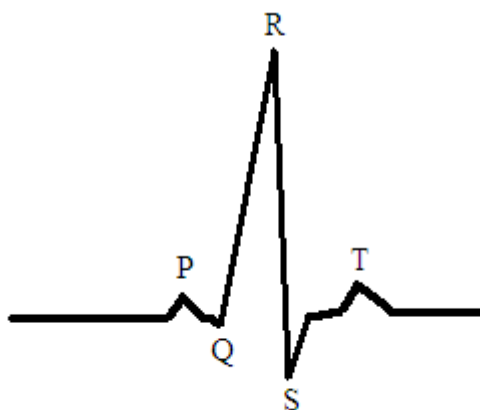
Elektrokardiografie (EKG) je rutinní metoda vyšetření srdeční činnosti, která je založena na snímání elektrických potenciálů ze srdce (myokardu).

Klasické 12ti svodové EKG:

- 3 bipolární končetinové svody (I, II, III)
- 3 unipolární končetinové svody (aVR, aVL a VF)
- 6 unipolárních hrudních svodů (V1-V6)

Vlastní EKG křivka je vidět na obr. 9. Na ose x je čas (většinou odpovídá 1 sec úseku 25 mm) a na ose y je elektrické napětí (obvykle 1 mV odpovídá 10 mm).

První vlnu P interpretujeme jako vzruchovou aktivitu sinoatriálního uzlíku a šířící se depolarizaci svalovinou síní. Mezi vlnou P a komplexem QRS je izoelektrický úsek PQ, který odpovídá zpomalení vedení vzruchu v atrioventrikulárním uzlu, což má velký význam pro zpomalení převodu vzruchu na komory, a tak oddělení systoly síní od systoly komor. Následuje komplex QRS, který představuje postupnou depolarizaci mezikomorové přepážky, apexu a srdeční báze. Úsek ST, období stabilní aktivity srdce, odpovídá izoelektrické linii. Následuje vlna T, odpovídající postupné repolarizaci myokardu komor (tab. 5).



Obr. 9. Elektrokardiogram.

Tab. 5. Původ jednotlivých vln a kmitů včetně délky jejich trvání při SF 70 tepů/min.

ÚSEK KŘIVKY	PŮVOD	TRVÁNÍ
VLNA P	depolarizace síní	0,08 – 0,10 s
KOMPLEX QRS	depolarizace komor	0,06 – 0,10 s
VLNA T	repolarizace komor	0,20 s

Pozn.: Repolarizace síní je skryta v komplexu QRS.

Na EKG se hodnotí SF, sinusový rytmus, pravidelnost srdeční akce, směr elektrické osy srdeční, voltáž a trvání vln a kmitů (P, QRS, T) či úseků (PQ, QT, ST), jejich tvar a poloha ve vztahu k izoelektrické linii.

Fyziologické EKG může být ovlivněno věkem, konstitucí, polohou, dýcháním a fyzickou zátěží.

Patologické změny na EKG:

- poruchy rytmu (extrasystoly, komorová tachykardie, fibrilace síní, záněty myokardu)
- poruchy repolarizace (deprese ST úseku a inverze T vlny jako znaky ischemie myokardu)
- změna polohy elektrické osy srdeční a vyšší voltáž (hypertrofie pravé a levé komory)
- poruchy rytmu a změny tvaru a voltáže T vln (metabolické poruchy - hyperkalémie, hypokalémie)

Echokardiografie (ECHO)

Echokardiografie je metoda založená na vlastnosti tkání různě odrážet ultrazvuk (echem). Využívá se pro diagnostiku velikosti, tloušťky, tvaru a pohybů srdečních dutin, myokardu, chlopní a přepážek a ke zjištění toků krve v srdci.;

4.5 Krevní tlak

Krevním tlakem (TK) rozumíme tlak, který vyvíjí krev na stěnu cév.

Krevní tlak je dán činností srdce, odporem cév, množstvím cirkulující krve, viskozitou krve („vnitřním třením“). Hodnota krevního tlaku závisí na věku (stoupá s věkem), pohlaví (u mužů bývá vyšší), poloze těla (vleže nižší), činnosti různých orgánů (při zatížení svalů stoupá), emocích a teplotě.

Normální krevní tlak u dospělého člověka je 120/80 mmHg (u dětí 90/60 mmHg a starších osob 140/90 mmHg). Vyšší hodnota je hodnota tzv. systolického krevního tlaku - sTK (tlak při stahu komor) a nižší hodnota je tzv. diastolický krevní tlak – dTK (tlak při uvolnění komor).

Pulzní TK = tlaková amplituda: znamená rozdíl mezi systolickým a diastolickým TK. Jako normální se udává hodnota rozdílu 50 mmHg. Vysoká hodnota pulzního tlaku může ukazovat na vyšší riziko pacienta.

Střední TK: je průměrný TK po dobu srdečního cyklu. Lze jej stanovit z hodnoty plochy pod tlakovou křivkou. Orientačně střední tlak = diastolický tlak + $\frac{1}{3}$ tlakové amplitudy.

Hypertenze = zvýšený krevní tlak: Systolický TK ≥ 140 mmHg a/nebo diastolický TK ≥ 90 mmHg, alespoň ve dvou ze tří měření (obr. 4).

Hypotenze = snížený krevní tlak: Systolický TK < 100 mmHg. Náhlý pokles krevního tlaku způsobuje mžítka před očima, rozostřené vidění, točení hlavy, mdloby či celkovou nevolnost.

Tab. 6. Hodnocení krevního tlaku.

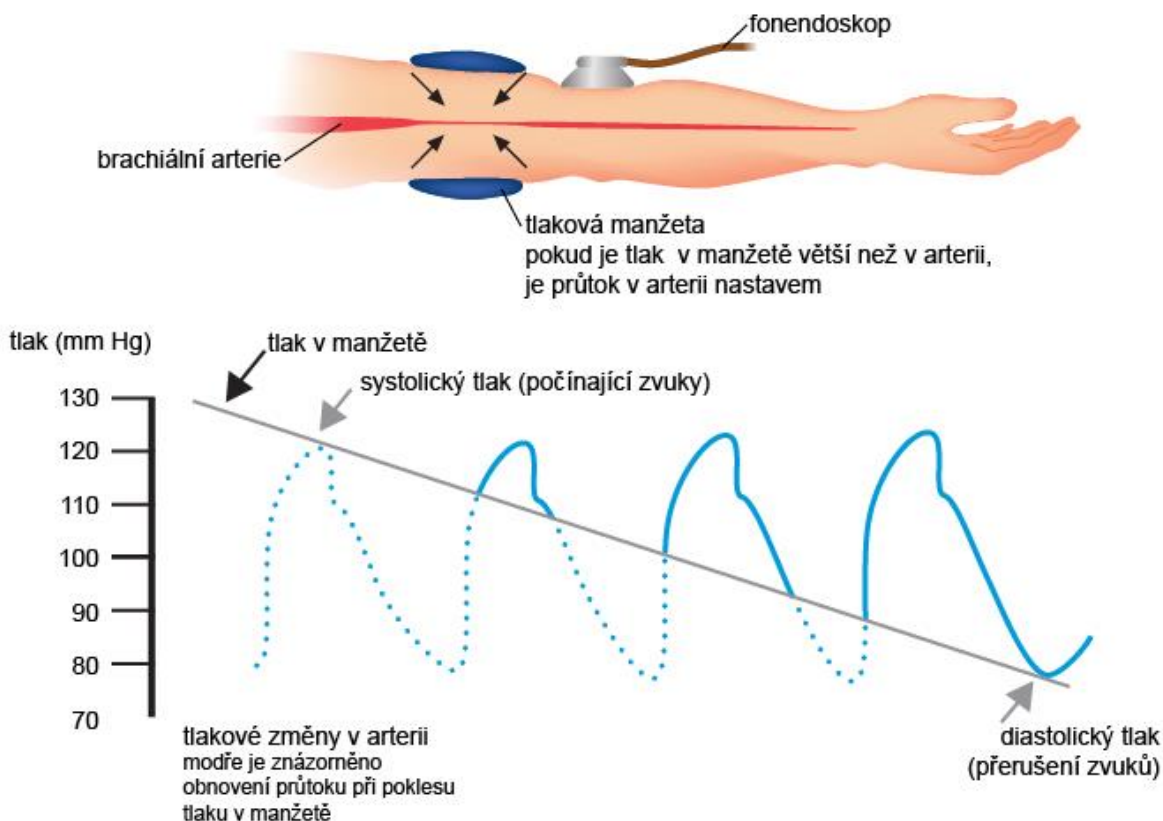
VYHODNOCENÍ KREVNIHO TLAKU	SYSTOLICKÝ TLAK (mmHg)	DIASTOLICKÝ TLAK (mmHg)
OPTIMÁLNÍ TK	120-125	70-80
NORMÁLNÍ TK	120-129	do 84
VYSOKÝ NORMÁLNÍ TK	130-139	do 89
HYPERTENZE I. STUPNĚ	140-159	90-99
HYPERTENZE II. STUPNĚ	160-179	100-109
HYPERTENZE III. STUPNĚ	nad 180	nad 110
HYPOTENZE	pod 100	pod 65

Metody měření TK jsou jak přímé (invazivní), tak i nepřímé, které se v praxi používají častěji. Patří k nim:

- palpační metoda (pohmatem lze stanovit pouze hodnotu sTK)
- auskultační metoda (poslechem; nejužívanější, nejpřesnější z nepřímých metod)
- automatická metoda (využívá digitálních tonometrů, měří se současně i SF). Většina automatických tonometrů je oscilometrických (mechanické měření tepu), některé i auskultační (s mikrofonem).

Metoda auskultační

Tato metoda využívá klasických rtuťových tonometrů a nebo aneroidových tonometrů (hodnoty tlaku se přenáší na ručičkové měřidlo („budík“), jinak princip velmi obdobný jako u rtuťového tonometru). Manžetou tonometru umístěnou na paži měříme vlastně externě aplikovaný tlak, který je zapotřebí ke kompresi a. brachialis. Nafouknutím manžety se a. brachialis komprimuje, takže pulzové vlny nejsou hmatné ani slyšitelné, tj. nejsou přenášeny do periferie. Postupným upouštěním manžety, se tlak v ní zmenšuje, až dojde k částečnému průtoku v tepně, což vyvolá vznik šelestu – tzv. Korotkovových fenoménů (viz obr. 10). Výška tlaku v manžetě, při kterém se objeví první Korotkovův fenomén (= začátek fáze I), odpovídá systolickému krevnímu tlaku. Vymizení zvuků (= začátek fáze V = poslední slyšitelný zvuk) potom koreluje s intraarteriálním diastolickým tlakem. Výjimkou, kdy odečítáme tlak při oslabení ozev, tj. na začátku IV. fáze, je slyšitelnost Korotkovových fenoménů až do velmi nízkých hodnot, často až k nule – toto se někdy vyskytuje u dětí, těhotných žen, pacientů s vysokým minutovým srdečním výdejem (např. nedomykavost aortální chlopně) nebo periferní vazodilatací.



Obr. 10. Auskultační metoda měření krevního tlaku.

Postup měření:

- 1) měřený se posadí, paže podepřená; na paži se umístí manžeta (v úrovni srdce), dolní okraj manžety 1-2 cm nad loketní jamku
- 2) fonendoskop si vložíme do uší
- 3) přiložíme membránu fonendoskopu nad a. brachialis v loketní jamce
- 4) ujistíme se, že ventil u balónku je uzavřený
- 5) napustíme vzduch stlačováním balónku do manžety nad očekávané hodnoty krevního tlaku
- 6) ventilem upouštíme vzduch z manžety tak pomalu, abychom mohli odečíst hodnoty TK s přesností na 2 mmHg
- 7) v okamžiku objevení se zvuku tepů odečteme ze stupnice tonometru hodnotu systolického tlaku
- 8) v okamžiku vymizení zvuků tepu odečteme ze stupnice tonometru hodnotu diastolického tlaku
- 9) poté můžeme vzduch z manžety upouštět rychleji až do jejího vyprázdnění
- 10) naměřené hodnoty zapíšeme

Při prvním vyšetření měříme TK na obou pažích, při dalším měření vždy na paži, kde jsme zaznamenali vyšší hodnotu. Rozdíly do 10mmHg mezi oběma pažemi jsou považovány za fyziologické. Měření opakujeme v intervalu 1 – 2 minut.

Automatické digitální přístroje jsou méně přesné a jsou náchylné k chybě při špatném umístění manžety, pohybu paže v průběhu měření nebo při hlouběji uložené a. brachialis. U přístrojů s manžetou, která se umísťuje na zápěstí či prsty, nemusí být měření TK dostatečně přesné a spolehlivé; nedoporučuje se je používat.

4.6 Výpočet systolického a minutového objemu srdce

Dalšími parametry oběhového systému hovořící o míře zatížení srdce jsou minutový objem srdce (Q nebo též uváděn jako srdeční výdej = SV) a systolický objem srdce (Q_s nebo také tepový objem = TO).

Zatímco minutový objem srdce mluví o tom, kolik srdce vypudí krve do krevního oběhu za 1 minutu, systolický objem hovoří o tom, kolik krve se do krevního řečiště dostane z levé komory při 1 svalové kontrakci (systole).

Dospělý člověk v klidu za minutu srdcem přečerpá okolo 5 litrů za minutu. Při zátěži tyto hodnoty rostou dle intenzity zatížení (až 25 litrů, trénovaný až 35 litrů) – obr. 5. Systolický objem u dospělého člověka se za klidových podmínek pohybuje okolo 70ml. U vagotoniků se při jednom stahu do oběhu dostane i 100ml. Při zátěži opět tyto hodnoty rostou, u netrénovaných přibližně na 130ml a trénovaných až 200ml.

Tab. 7. Příklady hodnot srdeční frekvence, minutového a systolického objemu v klidu a při max. zátěži u netrénovaných a trénovaných mužů a žen.

V KLIDU	SF (t•min ⁻¹)	Q _s (ml)	Q (l•min ⁻¹)
NETRÉNOVANÝ MUŽ	72	70	5
TRÉNOVANÝ MUŽ	50	100	5
NETRÉNOVANÁ ŽENA	75	60	4,5
TRÉNOVANÁ ŽENA	54	80	4,5
PŘI MAXIMÁLNÍ ZÁTĚŽI	SF (t•min ⁻¹)	Q _s (ml)	Q (l•min ⁻¹)
NETRÉNOVANÝ MUŽ	200	110	22
TRÉNOVANÝ MUŽ	190	180	34
NETRÉNOVANÁ ŽENA	200	90	18
TRÉNOVANÁ ŽENA	190	125	24

Výpočet minutového objemu srdce:

$$Q(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) = \frac{TK_{\text{pulz}} \cdot k}{sTK + dTK} \cdot SF \cdot S$$

Výpočet systolického objemu srdce:

$$Q_s(\text{ml}) = Q(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) : SF$$

Pozn. Ve vzorečku $TK_{\text{pulz}} = sTK - dTK$, k je konstanta=200, S = povrch těla.

ÚKOL (Protokol č. 9):

Pomocí auskultační metody si nech změřit od kolegů svůj krevní tlak, dle návodu uvedeného výše. Následně dopočítej hodnoty TK_{pulz} (pulzový tlak krve), minutového objemu srdce (Q) a systolického objemu. Svoje naměřené hodnoty porovnej s hodnotami v tabulce (tab. 5) a s hodnotami svých spolužáků. Hodnocení zapiš do Protokolu.

ÚKOL (Protokol č. 10):

Ve skupince vyberte jednoho spolužáka, kterému budete měřit krevní tlak před zátěží (30 dřepů) a po zátěži. Vybrané osobě nejprve naměřte TK a SF v klidu. Testovaný provede 30 rychlých dřepů (1 dřep/sec) a ihned po ukončení mu opět zjistíte hodnotu TK a SF . Každou další minutu po zátěži, proveďte opakované měření. Následně dopočítejte minutový a systolický objem srdce. Porovnejte jednotlivá měření a do protokolu napiš jejich zhodnocení (porovnání).

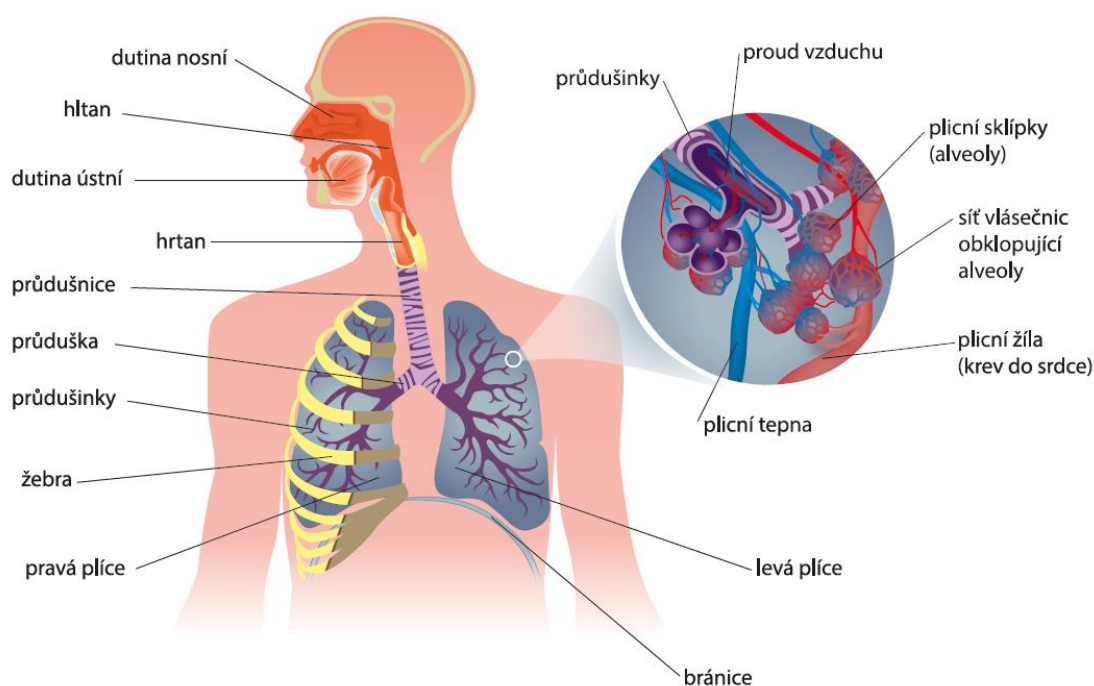
Otázky k opakování:

- 1) Hlavním udavatelem srdečního rytmu je:
 - a) Hisuv svazek
 - b) antrioventrikulární uzel
 - c) sinusový uzel
- 2) Lidé se sníženou hodnotou klidové srdeční frekvence se nazývají:
 - a) hypotonici
 - b) sympatikotonici
 - c) vagotonici
- 3) Maximální hodnotu SF lze odhadnout podle vzorečku:
 - a) $200 - \text{věk}$
 - b) $220 - \text{věk}$
 - c) $250 - \text{klidová SF}$
- 4) Za pomoci variability srdeční frekvence ve sportovní medicíně:
 - a) stanovujeme SFmax
 - b) hodnotíme zátěžové EKG
 - c) diagnostikujeme chronickou únavu
- 5) Systolický objem srdeční u dospělého člověka se za klidových podmínek pohybuje okolo:
 - a) 5 l
 - b) 120 ml
 - c) 70 ml

5 Dýchací systém

Dýchací systém úzce spolupracuje s kardiovaskulárním systémem. Potřebný kyslík pro náš organismus se do těla dostává jeho vdechováním. Některé vedlejší produkty odcházejí z těla vydechováním. Tento proces dýchání (respirace) zabezpečují **plice, bránice** a horní dýchací orgány (nos, ústa, hrtan, hltan a průdušnice) – obr. 11.

Plíce má dvě části – pravou a levou. Pravá plíce je větší jak levá, protože na levé straně hrudníku je navíc uložené srdce. Každá plíce se rozděluje na laloky: pravá má tři a levá dva. **Průdušnice** (trachea) se v plicích dělí na dvě **průdušky** (bronchy), ty se dále větví na menší **průdušinky** (bronchioly). Na jejich konci jsou koncové bronchioly se vzduchovými **plicní sklípky** (alveoly). V plicích se nachází bohatá síť plicních cév, které se větví. V plicích se kyslík přenáší ze vzduchu do krevních vlásečnic (kapilár), které obklopují každý alveolus.



Obr. 11. Stavba dýchacích cest.

Dýchání

Dýchání rozlišujeme na vnější (ventilace) a vnitřní (respirace). Při vnějším dýcháním dochází k výměně vzduchu mezi plicemi a zevním prostředím. Při vnitřním dýcháním dochází k výměně plynů mezi plicemi, krví a tkáněmi (buňkami).

Ať bdíme či spíme, dýcháme průměrně 16krát za minutu. Rozhodující práci při dýchání vykonává bránice (diaphragma) a zevní mezižeberní svaly. Svalová vlákna bránice se při vdechu kontrahují a zplošťují – objem plic se zvětšuje, nosem, ústy a průdušnicí do nich proudí vzduch. Poté vzduch putuje k alveolům, kde probíhá výměna kyslíku a oxidu uhličitého. Kyslík se váže na hemoglobin v krvi a červené krvinky (erythrocyty) uvolňují svůj náklad oxidu uhličitého zpět do alveolů, aby se výdechem dostal ven z plic. Výdech probíhá jednoduchým ochabnutím (relaxací) svalů.

Rychlost dýchání reguluje dýchací centrum, které je uloženo v prodloužené míše a větší měrou závisí na hladině oxidu uhličitého v krvi než na množství kyslíku. Mozek odpovídá na zvýšenou tvorbu oxidu uhličitého při fyzické zátěži přizpůsobením rychlosti dýchání.

Přenos kyslíku v těle

Vzduch vdechovaný průdušnicí, průduškami a průdušinkami se dostává do alveolů, kde se kyslík ze vzduchu přenáší do kapilár obklopujících každý alveolus. Okysličená krev proudí do plicních žil, potom do levého oddílu srdce (předsíně a komory), odkud je vypuzena do aorty. Krev pak proudí po celém těle tepnami až ke kapilárám (vlásečnicím). Červené krvinky odevzdávají kyslík tkáňovým buňkám, které naopak odevzdávají svůj odpadový produkt – oxid uhličitý – červeným krvinkám. Oxid uhličitý se dopravuje žilami zpět do pravého oddílu srdce. Odtud krev teče plicní tepnou do plic, kde odevzdá v alveolech oxid uhličitý, který se vydýchává, a opět nabírá kyslík.

5.1 Spirometrie

Kvantitativně vyjádřit uvedené procesy plicní respirace vyžaduje širokou paletu funkčních vyšetření plic. Funkční vyšetření plic můžeme rozdělit na měření hodnot plicních objemů a kapacit, mechaniky dýchání, ventilace, distribuce, difuze, perfuze a na vyšetření krevních plynů. Tyto hodnoty lze měřit jak v klidu tak při zatížení. Ukazatele objemů a kapacity závisí na bazálním metabolismu, tj. tělesné výšce a hmotnosti, na věku a pohlaví, trénovanosti a zdraví.

Základní spirometrické ukazatele plicních funkcí jsou:

- **Dechová frekvence (DF, f)** je počet dechů za minutu. Průměrné hodnoty při klidném dýchání jsou 16 dechů za minutu.
- **Dechový objem (DO, V_T)** je objem vzduchu, který vyšetřovaná osoba nadechne nebo vydechne při klidném dýchání. Průměrné hodnoty jsou 0,5 l. Vytrvalostně trénovaní mohou mít klidové hodnoty i okolo 1 l.
- **Minutová ventilace (MV, V_E)** je objem vzduchu, který vyšetřovaná osoba prodýchá za jednu minutu. Vypočítáme ji tak, že naměřený dechový objem vynásobíme dechovou frekvencí. Průměrné hodnoty při klidném dýchání jsou okolo 8 l.
- **Maximální minutová (volní) ventilace (MVV)** je objem vzduchu, který vyšetřovaná osoba prodýchá při tzv. volné hyperventilaci (hluboké a rychlé dýchání). Vypočítáme ji tak, že naměřený maximální dechový objem vynásobíme maximální dechovou frekvencí.
- **Vitální kapacita plic (VC)** je objem vzduchu, který vyšetřovaná osoba vydechne maximálním výdechem po maximálním nádechu (maximální objem bez maximální rychlosti dýchání) nebo objem vzduchu maximálního nádechu po předchozím maximálním výdechu. Průměrné hodnoty jsou 3,5-4,5 l.
- **Inspirační rezervní objem (IRV)** je objem vzduchu, který ještě dokáže vyšetřovaná osoba nadechnout po klidovém nádechu. Průměrné hodnoty jsou 2-3 l.
- **Expirační rezervní objem (ERV)** je objem vzduchu, který dokáže vyšetřovaná osoba vydechnout ještě po klidovém výdechu. Průměrné hodnoty jsou 1 – 1,5 l.
- **Vitální kapacita plic při „usilovném“ (forced) – FVC** nebo konkrétně FEVC při výdechu a FIVC při nádechu (co největší rychlostí co největší objem).
- **Objem vzduchu vydechnutého za 1 sekundu (FEV₁)** při měření FVC s maximálním usilovným výdechem (co největší rychlostí) po maximálním nádechu. FEV₁ udáváme v absolutních hodnotách a v % usilovné vitální kapacity (%FVEC) jako tzv. Tiffeneauův index (FEV₁%FVC). Normální hodnoty jsou okolo 75%.
- **Apnoická pauza po inspiru (Api)** je délka úmyslného zadržetí dechu po předchozím hlubším nádechu. Trvá přibližně 60 sekund, ale tréninkem se dá značně prodloužit.

- Apnoická pauza po expiraci (Ape) je délka úmyslného zadržetí dechu po předchozím hlubším výdechu. Trvá přibližně 30 sekund a také je závislá na tréninku.

Základní parametry křivky průtok-objem (F/V - flow/volume):

VKP (VCIN) – inspirační vitální kapacita

FVC – forsírovaná (forced) vitální kapacita

FEV₁ - forsírovaný expirační objem za 1 s

(FIV₁ – forsírovaný inspirační objem za 1 s)

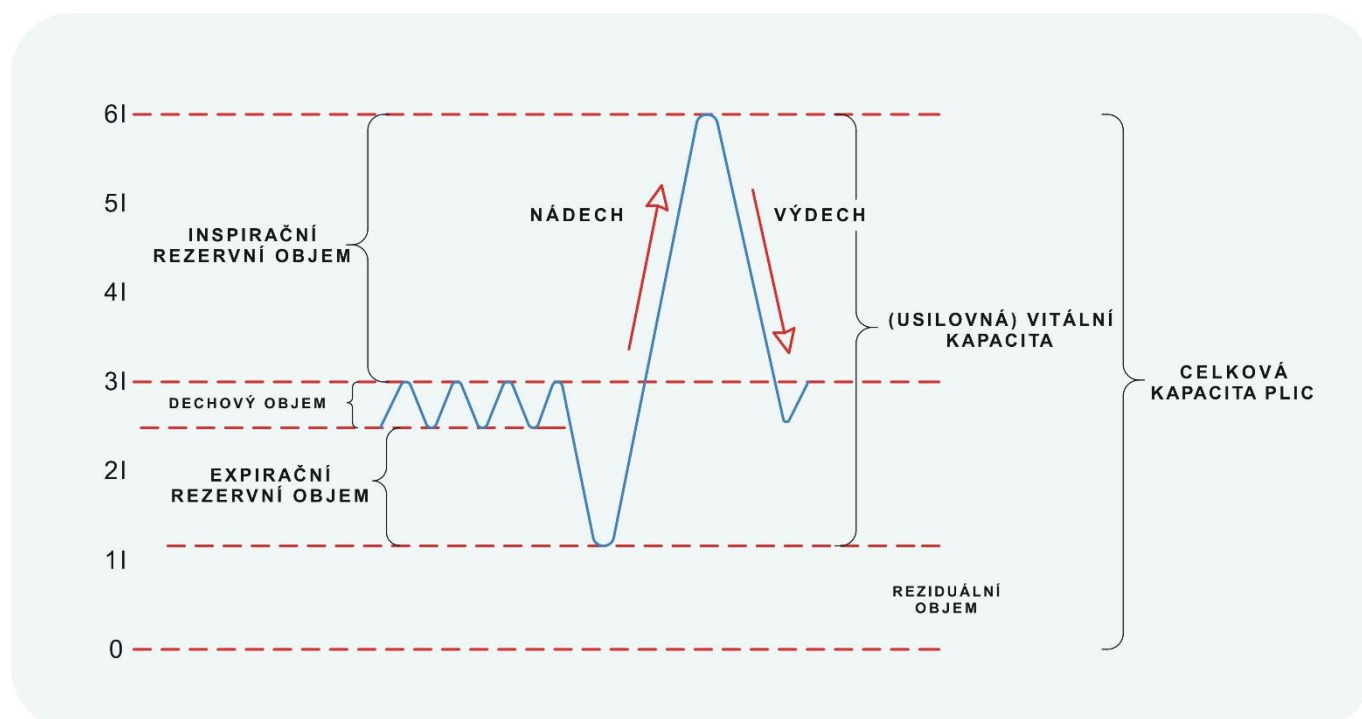
FEV₁%VC - FEV₁ v % maximální vitální kapacity (VCIN nebo FVC)

MEF50 – maximální expirační průtok při 50%VC

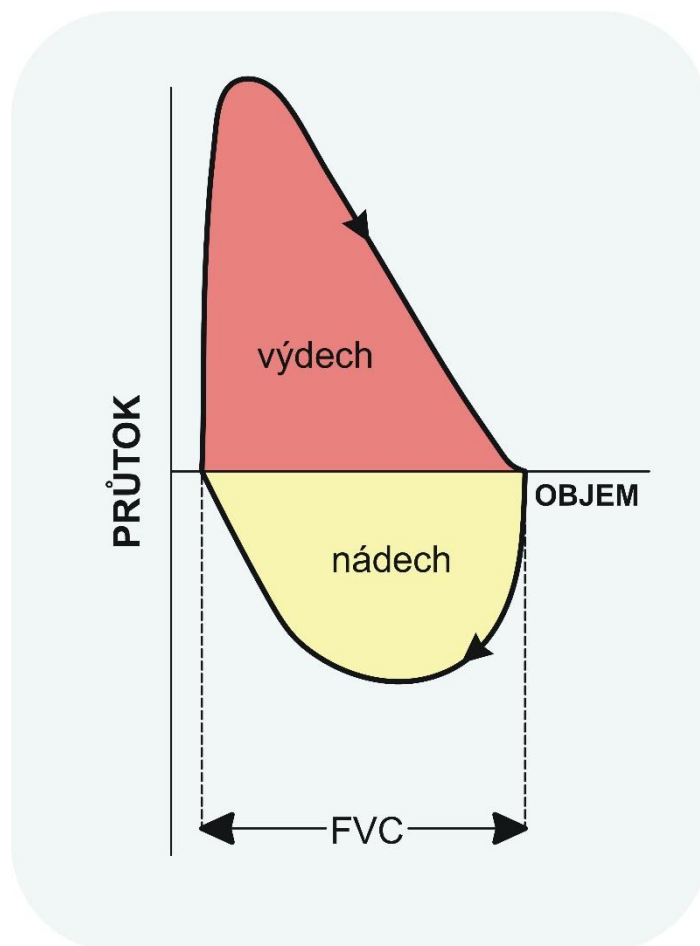
MEF25 – maximální expirační průtok při 25% VC

PEF – největší expirační průtok (peak expiratory flow)

MIF 50 – maximální inspirační průtok při 50% VC



Obr. 12. Vitální kapacita (VC).



Obr. 13. Typický tvar křivky F/V (průtok-objem).

Ve fyziologii zátěže a v tělovýchovném lékařství spirometrie poskytuje ukazatele dechových funkcí, na nichž závisí tělesná zdatnost člověka. V tomto směru může pomoci i při výběru talentované mládeže pro sport, při ověřování účinnosti tréninkové metody apod. Funkční vyšetření plic se běžně používá v lékařské praxi jako metoda pomocného vyšetření mnoha chorob dýchacího systému.

ÚKOL (Protokol č. 11):

Zjisti orientačně svoji dechovou frekvenci jednoduchým testem. Jednu minutu v klidu dýchej a počítej si počet nádechů, resp. Výdechů. Poté zapiš hodnotu do protokolu.

Za pomoci jednoduchého osobního spirometru proved' orientační vyšetření usilovné (forsírované) vitální kapacity FVC a forsírovaného expiračního objemu za 1 s – FEV1. Nejprve vložte papírový náustek do držáku spirometru a zapneme přístroj do polohy BLOW. Ucpeme si nos prsty nebo skřipcem, maximálně se nadechneme a potom co nejrychleji a nejsilněji maximálně vydechneme do spirometru. Dokončíme maximální výdech, vydechujeme max. 6 s! Zaznamenáme hodnoty FVC a FEV1. Naměřené hodnoty porovnáme s predikovanou hodnotou a s ostatním spolužáky. Vyhodnocení zapišeme do protokolu.

Korekční faktor pro fyzikální podmínky v lidském těle (f_{BTPS})

Primární naměřené hodnoty musejí být násobeny faktorem pro fyzikální podmínky lidského těla (f_{BTPS} – body temperature, atmospheric pressure, water saturated), protože objem vzduchu se mění s teplotou, atmosférickým tlakem a vlhkostí: Nadechnutý vzduch se v těle ohřeje a zvlhčí; vydechnutý vzduch se v okolí ochladí. Např. při teplotě spirometru 20°C a atmosférickém tlaku 740 torr (98,7 kPa) je

pro nádechové objemy $f_{BTPS} = 1,102$ a pro výdechové objemy je $f_{BTPS} = 1,026$. Moderní spirometry mají v sobě zabudovaná čidla teploty, takže provedou výpočet automaticky.

Výpočet predikované (náležité hodnoty) vitální kapacity

Výpočet dle výšky a věku:

Muži: nál. VC [l] = $(27.63 - 0.112 \times \text{věk [r]}) \times \text{výška [cm]}$

Ženy: nál. VC [ml] = $(21.78 - (0.101 \times \text{věk [r]}) \times \text{výška [cm]}$

Výpočet dle povrchu těla:

Muži: nál. VC [ml] = povrch těla [m²] x 2500

Ženy: nál. VC [ml] = povrch těla [m²] x 2000

Výpočet dle bazálního metabolismu:

Muži: nál. VC [ml] = nál. BM [kJ za 24 hod] x 0,62

Ženy: nál. VC [ml] = nál. BM [kJ za 24 hod] x 0,53

5.2 Výměna plynů

V následující podkapitole se budeme zabývat měřením dechových plynů, které umožňuje posoudit celkovou kapacitu transportního systému pro kyslík. Toto měření má význam při hodnocení schopnosti k vytrvalostnímu výkonu i v diagnostice onemocnění krevního oběhu a dýchacího systému.

- **Příjem kyslíku ($\dot{V}O_2$)** je množství kyslíku extrahovaného z vdechnutého plynu za jednu minutu. Vyjadřuje se v ml · min⁻¹ nebo v l · min⁻¹. Pro interpretaci výsledků se velmi často používají hodnoty ml · kg⁻¹, zohledňující interindividuální rozdíly v hmotnosti těla. V klidu je příjem kyslíku okolo 3,5 ml · min⁻¹ · kg⁻¹. Maximální příjem kyslíku ($\dot{V}O_{2max}$) patří k nejdůležitějším funkčním ukazatelům zátěžového vyšetření, neboť představuje kapacitu transportního systému. Nesportující ženy mají $\dot{V}O_{2max}$ v průměru 35 ml · min⁻¹ · kg⁻¹. Nesportující muži okolo 42 ml · min⁻¹ · kg⁻¹.
- **Výdej oxidu uhličitého ($\dot{V}CO_2$)** je množství oxidu uhličitého vydané z plic do zevního vzduchu za jednu minutu. Je ukazatelem tvorby CO₂ ve tkáních. V rutinní zátěžové diagnostice se používá jako doplňková hodnota především při neinvazivním určování anaerobní prahu a pro stanovení R, resp. RQ. Vyjadřuje se ve stejných jednotkách jako $\dot{V}O_2$.
- Poměr respirační výměny (R, RER) a **respirační kvocient (RQ)**
Poměr respirační výměny je podíl mezi vydýchaným oxidem uhličitým a přijatým kyslíkem. Pokud je měřen a počítán analyzátořem, jehož snímač umístěn na začátku dýchacích cest (ústa a nos), je to tzv. poměr respirační výměny mezi vzduchem a plícemi - **R** nebo **RER** (respiratory exchange ratio). Při zátěži může dosáhnout hodnot i nad 1,00. Pokud máme na mysli poměr respirační výměny na rozhraní krve a tělesných tkání, pak je to tzv. respirační kvocient **RQ**. Nepřesáhne hodnotu 1,00.
R = RQ pouze v rovnovážném stavu. Za těchto podmínek může informovat o podílu zdrojů v energetickém metabolismu (tuky, cukry).
- Ventilační ekvivalent pro kyslík ($\dot{V}_E/\dot{V}O_2$) je množství vzduchu v litrech proventilovaného plícemi, z něhož si organismus odebere jeden litr kyslíku. V klidu se pohybuje okolo 20 – 30 l. Hodnoty ($\dot{V}_E/\dot{V}O_2$) jsou ukazatelem ekonomiky dýchání.
- Ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$) je množství vzduchu v litrech proventilovaného plícemi, z něhož organismus odvede jeden litr oxidu uhličitého.

- Tepový kyslík ($\dot{V}O_2/SF$) je podíl množství kyslíku v ml a příslušné minutové srdeční frekvence. Nepřímo informuje o množství kyslíku dodané tkáním jedním tepem srdce. Patří k ukazatelům výkonnosti a ekonomiky práce srdce. Čím vyšší, tím příznivější.

Korekční faktor pro standardní fyzikální podmínky (f_{STPD})

Primární naměřené hodnoty musejí být násobeny faktorem pro standardní fyzikální podmínky (f_{STPD} – standard temperature 0°C, pressure 750 torr, dry), protože objem vzduchu se mění s teplotou, atmosférickým tlakem (nadmořskou výškou) a vlhkostí: Např. při teplotě spirometru 20°C a atmosférickém tlaku 740 torr (98,7 kPa) je $f_{BTPS} = 0,886$. Moderní analyzátoři vzduchu jsou vybaveny teploměry a tlakoměry, takže provedou výpočet automaticky.

ÚKOL (Protokol č. 11):

S pomocí vyučujícího v laboratoři změř spirometrem hodnoty DF, DO a MV a proveď test usilovné vitální kapacity plic (FVC) a podívej se na křivku průtok-objem. Naměřené hodnoty zapiš do protokolu a křivku zakresli. Následně společně s vyučujícím proveďte na vybrané osobně měření respiračních plynů ($\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, R).

Tab. 8. Přehled hodnot základních ventilačně-respiračních parametrů u běžné mužské populace.

PARAMETR	JEDNOTKY	V KLIDU	MAX. HODNOTY
DECHOVÁ FREKVENCE (DF, f)	dechy · min ⁻¹	16	60
DECHOVÝ OBJEM (DO, V _T)	l	0,5	2
MINUTOVÁ VENTILACE (MV, V _E)	l·min ⁻¹	8	100
PŘÍJEM KYSLÍKU ($\dot{V}O_2$)	ml · min ⁻¹ · kg ⁻¹	5	42
TEPOVÝ KYSLÍK ($\dot{V}O_2/SF$)	ml	5	17

Otázky k opakování:

- K přenosu kyslíku ze vzduchu do krve dochází v:
 - průdušnici
 - pravé komoře srdce
 - plicních sklípcích
- Dechová frekvence u průměrného člověka je okolo:
 - 16 dechů/min
 - 10 dechů/min
 - 30 dechů/min
- Dechový objem v klidu činí okolo:
 - 5 l
 - 500 ml
 - 1,5 l
- Maximální příjem kyslíku ($\dot{V}O_{2max}$) u netrénovaných mužů je asi:
 - 42 ml/min/kg
 - 60 ml/min/kg

-
- c) 130 ml/min/kg
- 5) Forsírovaná neboli usilovná vitální kapacita je objem vzduchu, který:
- a) vydechneme při maximálním výdechu, asi 1 – 1,5 l
 - b) vydechneme při „usilovném“ výdechu po klidovém nádechu
 - c) nadechneme při „usilovném“ nádechu, činí okolo 3,5 – 5 l

Literatura

- Eston, R. & Reilly, T. *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual. Test, Procedures and Data. Volume 1: Anthropometry*. London: Routledge.
- Ganong, W. (2005). *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén.
- Hamar, D. & Lipková, J. (1998). *Fysiológia telesných cvičení*. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Kittnar, O. (2011). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada.
- Kohlíková, E. (2002). *Vybraná témata praktických cvičení z fyziologie člověka*. Praha: Karolinum.
- Kuhn, K., Nüsser, S., Platen, P. & Vafa, R. (2005). *Vytrvalostní trénink*. České Budějovice: Kopp.
- Langmeier, M. (2009). *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada.
- Mourek, J. (2012). *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada.
- Novotný, I. & Hruška, M. (2002). *Biologie člověka: pro gymnázia*. Praha: Fortuna.
- Rokyta, R. (2000). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
- Placheta, Z. a kol. (1999). *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*. Praha: Grada/Avicenum.
- Placheta, Z. & Siegllová, J. a kol. *Praktická cvičení z klinické fyziologie*. Brno: Vydavatelství MU.
- Silbernagl, S., Despopoulos, A., Gay, R. & Rothenburger, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada.
- Ward, J. & Linden, R. (2010). *Základy fyziologie*. Praha: Galén.
- Riegrová, J., Přidalová, M., Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.

SEZNAM PROTOKOLŮ

1. *Složení těla dle Matiegky*
2. *Somatotyp*
3. *Dynamometrie*
4. *Bazální a klidový metabolismus*
5. *Výpočet energetického výdeje za 24 hod*
6. *Měření SF*
7. *Chladový test*
8. *Variabilita srdeční frekvence*
9. *Měření TK, Q a Qs v klidu*
10. *Měření TK, Q a Qs po zátěži*
11. *Spirometrie*

ANTROPOLOGICKÉ VYŠETŘENÍ

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

VSTUPNÍ ÚDAJE

Hmotnost	kg	Výška	cm
----------	----	-------	----

Šířka epikondylu humeru	cm	Kožní řasa nad tricepsem	mm
Šířka zápěstí	cm	Kožní řasa subscapulární	mm
Šířka dolní epifýzy femuru	cm	Kožní řasa na hrudníku	mm
Šířka kotníku	cm	Kožní řasa na bříše	mm
Obvod paže uvolněné	cm	Kožní řasa suprailiakální	mm
Obvod paže s kontrakcí	cm	Kožní řasa nad bicepsem	mm
Obvod předloktí	cm	Kožní řasa na předloktí	mm
Obvod stehna	cm	Kožní řasa na stehně	mm
Obvod lýtky	cm	Kožní řasa na lýtku	mm

VYPOČTENÉ ÚDAJE

Povrch	m ²
Body mass index	kg/m ²
Optimální hmotnost	kg
Aktivní tukuprostá hmota	kg
SLOŽENÍ TĚLA (MATIEGKA)	
Kosterní složka	kg
Kosterní složka	%
Svalová složka	kg
Svalová složka	%
Tuková složka	kg
Tuková složka	%
Zbytek	kg
Zbytek	%

Závěr (zhodnocení, porovnání s normou, porovnání s ostatními):

SOMATOTYP

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

ENDOMORFIE

Kožní řasy

Triceps = mm

Subscapulární = mm

Suprailiakální = mm

SUMA =

Lýtka = mm

EKTOMORFIE

Hmotnost = kg

³VHmotnost =

Výška/ ³VHmotnost =

MEZOMORFIE

Výška = cm

Šířka e. humeru = cm

Šířka e. femuru = cm

Obvod paže s kontr. = cm

- Kožní řasa tricepsu = cm

SUMA =

Obvod lýtky = cm

- Kožní řasa lýtky = cm

SUMA =

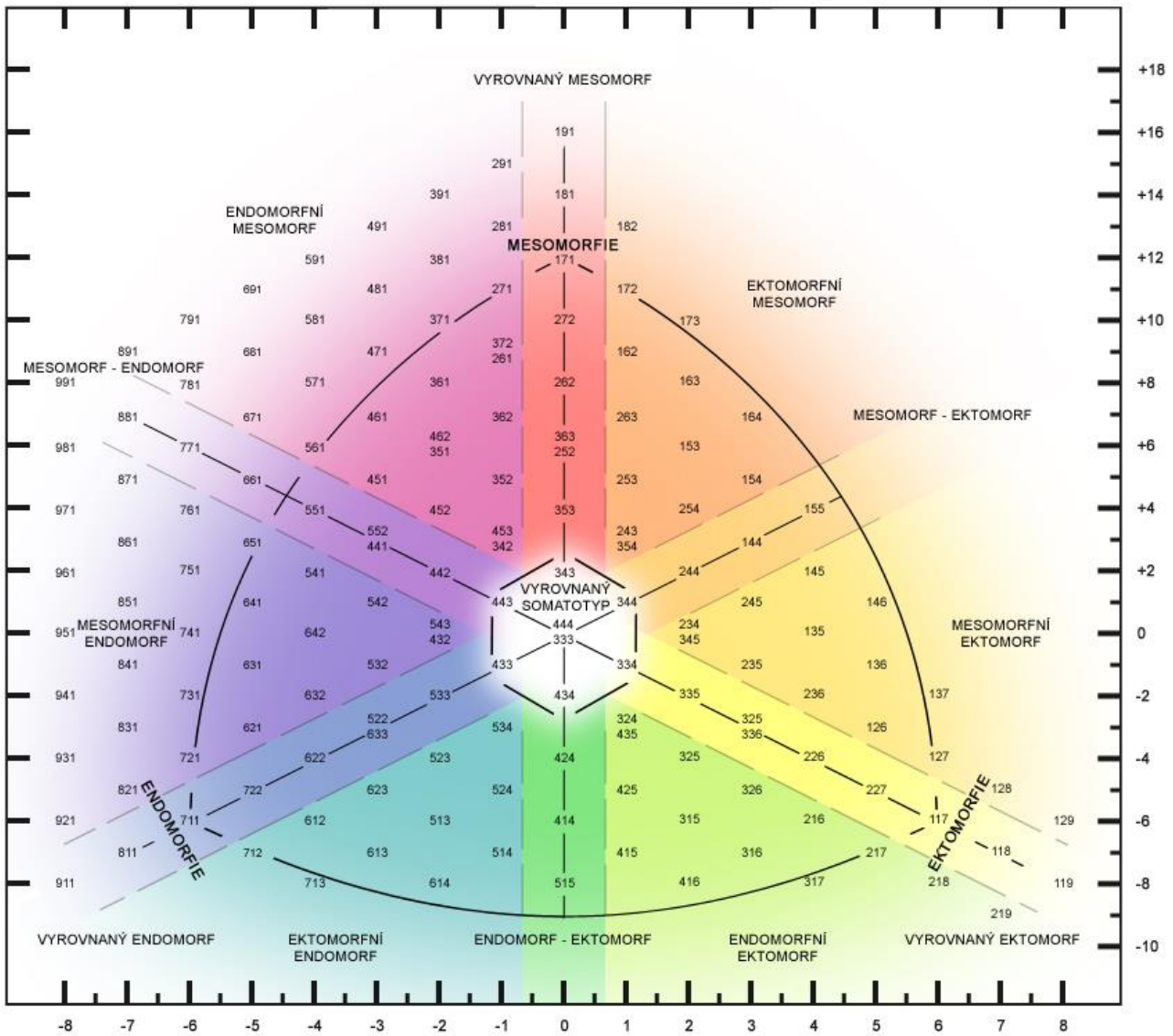
SOMATOTYP (HEATH-CARTER)

Endomorfie

Mesomorfie

Ektomorfie

X = EKTOMORFIE - ENDOMORFIE
 Y = 2 x MESOMORFIE - (ENDOMORFIE + EKTOMORFIE)



Závěr (zhodnocení vlastního somatotypu, porovnání s ostatními):

DYNAMOMETRIE

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

Izometrická dynamometrie svalu – zjištění maximální síly (F_{max})

SÍLA FLEXORŮ PRSTŮ		
Měření	F_{max} (N)	$F_{max}/\text{hmotnost}$
Pravá ruka		
Levá ruka		

SÍLA FLEXORŮ LOKETNÍHO KLOUBU		
Měření	F_{max} (N)	$F_{max}/\text{hmotnost}$
Pravá ruka		
Levá ruka		

SÍLA EXTENZORŮ KOLENNÍHO KLOUBU		
Měření	F_{max} (N)	$F_{max}/\text{hmotnost}$
Pravá noha		
Levá noha		

SÍLA FLEXORŮ KOLENNÍHO KLOUBU		
Měření	F_{max} (N)	$F_{max}/\text{hmotnost}$
Pravá noha		
Levá noha		

Odhad podílu rychlých a pomalých svalových vláken

I

SVALY DOLNÍCH KONČETIN

II

--

I

SVALY HORNÍCH KONČETIN

II

--

Závěr (zhodnocení, porovnání s ostatními):

ENERGETICKÝ VÝDEJ

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

Bazální a klidový metabolismus

Výpočet nál. BM podle hmotnosti, výšky a věku (podle Harrisa a Benedikta)

F₁ – faktor pro věk a výšku:F₂ – faktor pro hmotnost:F₁ + F₂ = kJ • 24hod⁻¹ (= nál. BM za 24 hodin) kJ • hod⁻¹**Klidový metabolismus (měřeno analyzátozem plynů)**

	Predikovaná hodnota	Naměřená hodnota
KM (kJ)		
KM (kcal)		

Závěr (zhodnocení, porovnání s normou, porovnání s ostatními):

PRACOVNÍ METABOLISMUS

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

Pracovní metabolismus – energetický výdej za 24 hodin

$$\text{Výpočet (kJ)} = \frac{\text{činnosti (hod)} \cdot \% \text{ nál. BM} \cdot \text{BM (kJ/hod)}}{100}$$

DOBA (hod)	ČINNOST	% NÁL. BM	VÝPOČET	ENERGIE (kJ)

Energetický výdej za 24 hod: kJ/24hod

KALORIMETRIE

	kcal	kJ
LEH		
SED		
CHŮZE		

Závěr (zhodnocení, porovnání s normou, porovnání s ostatními):

MĚŘENÍ SRDEČNÍ FREKVENCE

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

Stanovení srdeční (tepové) frekvence palpací

Stanovení klidové SF

Čas	SF	Tep/min
60 s		
30 s		
20 s		

Maximální srdeční frekvence

Obecný vzoreček pro stanovení maximální SF:

$$SF_{\max} = 220 - \text{věk}$$

Úkol:

Porovnejte SF_{\max} odvozenou vzorečkem s reálnou hodnotou SF_{\max} naměřenou v terénu.

$SF_{\max} = 220 - \text{věk}$	
SF_{\max} v terénu	

PRACOVNÍ PÁSMO	SF_{\max}	DOLNÍ MEZ	SF_{\max}	HORNÍ MEZ
Pohyb pro zdraví	x 0,50 =		x 0,60 =	
Regulace hmotnosti	x 0,60 =		x 0,70 =	
Rozvoj kondice	x 0,70 =		x 0,80 =	
Zvyšování výkonnosti	x 0,80 =		x 0,90 =	
Závodní	x 0,90 =		x 1,00 =	

Závěr (zhodnocení, porovnání s ostatními):

Protokol č. 7: Fyziologie

CHLADOVÝ TEST

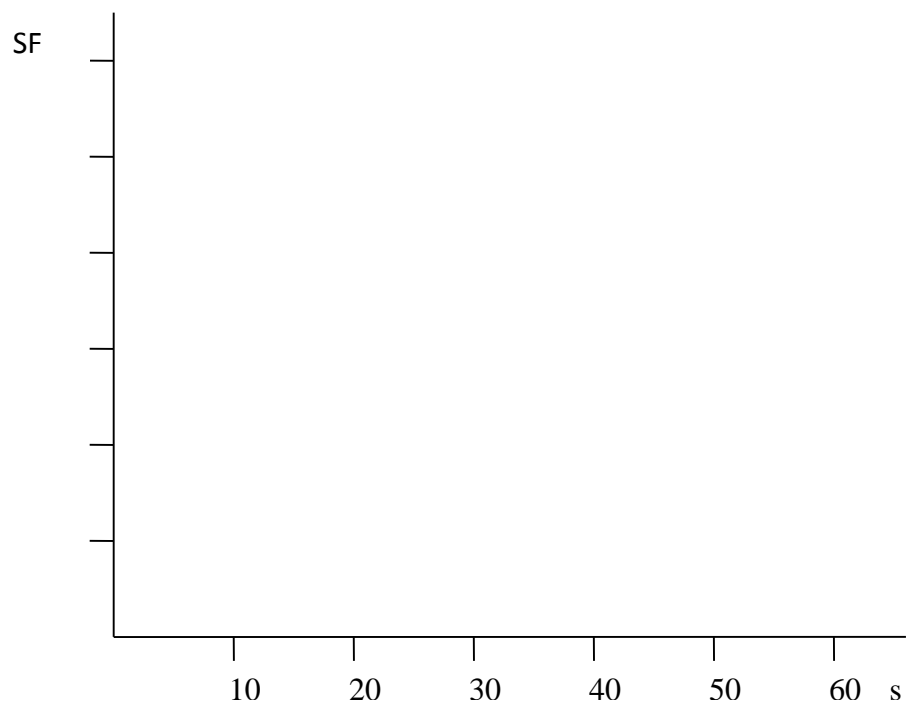
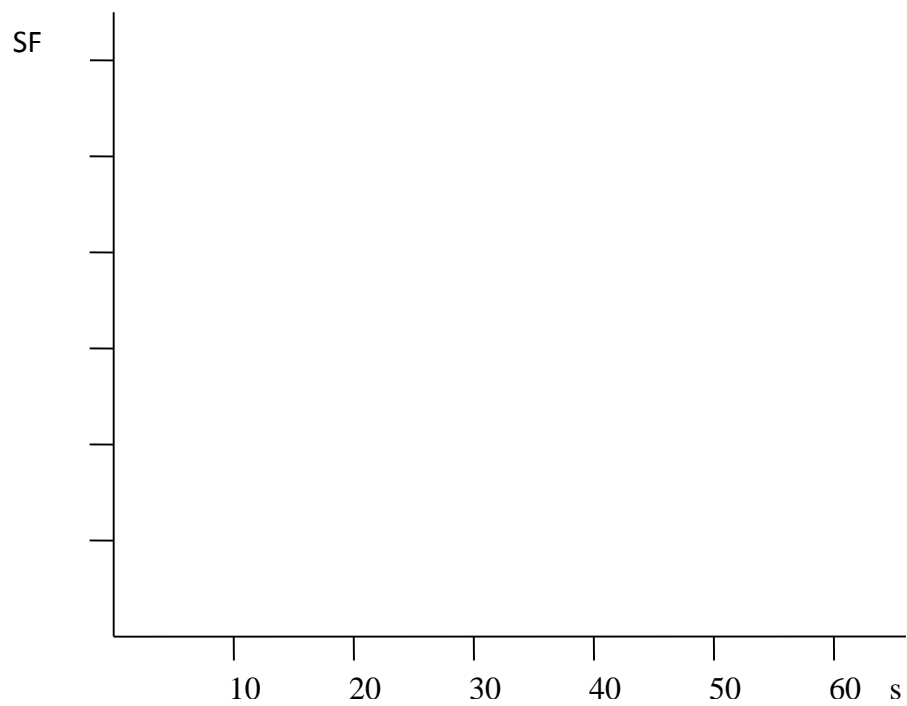
Jméno:	Obor:
Datum měření:	Datum narození:

Ponoření předloktí

Činnost	Čas (min)	Systolický TK (mmHg)	Diastolický TK (mmHg)	SF (tep/min)
Klid	3			
Ponoření předloktí	Čas (s)			
	10	neměří se	neměří se	
	20	neměří se	neměří se	
	30	neměří se	neměří se	
	40	neměří se	neměří se	
	50	neměří se	neměří se	
	60	neměří se	neměří se	
Po vynoření předloktí	Čas (min)			
	ihned			
	1			
	2			
	3			

Ponoření obličeje

Činnost	Čas (s)	Systolický TK (mmHg)	Diastolický TK (mmHg)	SF (tep/min)
Ponoření obličeje	10	neměří se	neměří se	
	20	neměří se	neměří se	
	30	neměří se	neměří se	
	40	neměří se	neměří se	
	50	neměří se	neměří se	
	60	neměří se	neměří se	
Po vynoření obličeje	ihned			



Závěr (zhodnocení):

VARIABILITA SRDEČNÍ FREKVENCE

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

Tep č.	SF (tepů/min)	Tep č.	SF (tepů/min)
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	

SF



Tep č.

Závěr (zhodnocení):

MĚŘENÍ TK, MINUTOVÝ OBJEM SRDCE

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

MĚŘENÍ KREVNÍHO TLAKU v klidu

$$\text{TKpulz} = \text{sTK} - \text{dTK}$$

TKpulz = pulzový tlak krve

sTK = systolický tlak krve

dTK = diastolický tlak krve

TLAK (mmhg)			Q(ml)	Q _s (ml)	SF	S(m ²)
sTK	dTK	TKpulz				

Stanovení srdečního minutového objemu

$$Q(\text{ml}/\text{min}) = \frac{\text{TKpulz} \cdot k}{\text{sTK} + \text{dTK}} \cdot \text{SF} \cdot S$$

k = konstanta = 200

S = povrch těla (m²)

Systolický objem srdeční

$$Q_s(\text{ml}) = Q(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) : \text{SF}$$

Závěr (zhodnocení, porovnání s normou, porovnání s ostatními):

MĚŘENÍ KREVNIHO TLAKU PO ZÁTĚŽI

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

MĚŘENÍ KREVNIHO TLAKU po zátěži

Postup:

- Po několika minutách klidového sezení změříme pozorované osobě TK
- Potom vyšetřovaná osoba provede 30 hlubokých dřepů s frekvencí 1 dřep za 1s
- Po skončení opzměříme TK a dále každou minutu až do návratu ke klidovým hodnotám (nejméně 2 min po skončení práce)

Stanovení srdečního minutového objemu

$$Q(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) = \frac{\text{TKpulz} \cdot k}{\text{sTK} + \text{dTK}} \cdot \text{SF} \cdot S$$

k = konstanta = 200; S = povrch těla (m^2)

Systolický objem srdeční

$$Q_s(\text{ml}) = Q(\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) : \text{SF}$$

$$\text{TKpulz} = \text{sTK} - \text{dTK}$$

TKpulz = pulzový tlak krve

sTK = systolický tlak krve

dTK = diastolický tlak krve

	SF	TLAK (mmhg)			Q	Q _s
		sTK	dTK	TKpulz		
Na začátku testu						
Ihned po zátěži						
1. min po zátěži						
2. min po zátěži						
3. min po zátěži						
4. min po zátěži						
5. min po zátěži						

S =m²

Závěr (zhodnocení, porovnání s ostatními):

SPIROMETRIE

Jméno:

Obor:

Datum měření:

Datum narození:

DECHOVÁ FREKVENCE

DF (dech/min)

VITÁLNÍ KAPACITA**Výpočet predikované hodnoty VC (l)**

Věk (roky)	
Výška (cm)	
Hmotnost (kg)	
Povrch těla (m ²)	
BM (kJ/24hod)	

Výpočet dle věku a výšky	VC (l) =
Výpočet dle povrchu těla	VC (l) =
Výpočet dle BM	VC (l) =

Ventilační hodnoty vydechovaného vzduchu

FVC [l] = vitální kapacita plic při usilovném výdechu

FEV₁ [l] = objem vzduchu, který je člověk schopen vydechnout při usilovném výdechu za 1 s

PEF [l/min] = maximální výdechová rychlost

FER [%] = průchodnost periferních průdušek (Tiffenau index = 100* [FEV₁/FVC])

Přepočetni faktor na standardní laboratorní podmínky BTPS: 1,09.

	VC [l]	FVC [l]	FEV ₁ [l]	PEF [l/min]	FER [%]
1. měření					
2. měření					

Závěr (zhodnocení, porovnání s predikovanou hodnotou, porovnání s ostatními):

Rejstřík

adenosintrifosfát – ATP
aerobní procesy
akcelerometrie
aktin
anaerobní glykolýza
anaerobní procesy
analyzátor vzduchu
bazální metabolismus
bioelektrická impedance - BIA
biopsie
body mass index – BMI
dechová frekvence – DF
dechový objem – V_T
diastolický krevní tlak
diving reflex
dýchání
dynamometrie
ektomorf
ektomorfie
elektrogardiogram – EKG
endomorf
endomorfie
energometrie
handgrip
hmotnost
chládový test
izokinetická dynamometrie
izometrická dynamometrie
izometrická svalová kontrakce
izotonická svalová kontrakce
jedno opakovatelné maximum – 1-MR
kaliper
kalorimetr
kalorimetrie
klidový metabolismus
kosterní složka
kožní řasy
kreatin fosfát – CP
krevní tlak - TK
křivka průtok-objem
maximální síla
metabolismus
mezomorf
mezomorfie
minutová ventilace - V_E
minutový objem srdce – Q
motoneuron

myozin
nervosvalová ploténka
obezita
obvody
optimální hmotnost
oxidace glukózy a mastných kyselin
plíce
plicní oběh
plicní sklípky
pomalá svalová vlákna
poměr respirační výměny – R
pracovní metabolismus
průdušinky
průdušky
průdušnice
převodní systém srdce
respirační kvocient – RQ
rychlá svalová vlákna
sinusový uzel
složení těla
složení těla dle Matiegky
somatotyp
spirometrie
sportestr
spotřeba/příjem kyslíku
srdeční frekvence
sval
svalová buňka
svalová kontrakce
svalová složka
svalové vlákno
systolický krevní tlak
systolický objem srdce – Q_s
šířky
tělní oběh
tepový kyslík
tlakoměr
torakometr
tuková složka
tukuprostá hmota
usilovná vitální kapacita – FVC
váha
variabilita srdeční frekvence
vitální kapacita – VC
výdej oxidu uhličitého
výměna plynů
výška
výškoměr
zbytek