

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra botaniky



Diplomová práce

**Vztah mezi vybranými parametry tělesného složení
a parametry spirometrie u zdravých adolescentů**

Karolína Martišová

2. ročník navazujícího magisterského prezenčního studia

obor: Učitelství biologie pro střední školy - Učitelství
geografie pro střední školy

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Kapuš, Ph.D.

Olomouc

2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně podle metodických pokynů vedoucího práce a použila pouze literaturu uvedenou v příloženém seznamu.

V Olomouci dne :

.....
Karolína Martišová

Poděkování

Děkuji panu Mgr. Ondřeji Kapušovi, Ph.D., za odborné vedení diplomové práce, vstřícnost, poskytování cenných rad a materiálních podkladů.

Tato práce byla podpořena z projektů IGA PřF UP v Olomouci IGA_PrF_2019_024 a IGA_PrF_2020_026.

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Jméno a příjmení:	Karolína Martišová
Název práce:	Vztah mezi vybranými parametry tělesného složení a parametry spirometrie u zdravých adolescentů
Typ práce:	Diplomová práce
Pracoviště:	Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci
Vedoucí práce:	Mgr. Ondřej Kapuš, Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2021
Abstrakt:	Hlavním cílem této studie je posouzení parametrů tělesného složení a parametrů spirometrie na základě jejich měření u zdravých adolescentů a posoudit vztah tělesného složení s naměřenými parametry spirometrie.
Klíčová slova:	adolescenti, tělesní složení, tuková hmota, tukuprostá hmota, spirometrie
Počet stran:	87
Počet příloh:	6
Jazyk:	Český

BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICATION

Author's name: Karolína Martišová

Title: The relationship between body composition and pulmonary function in healthy adolescents

Type of thesis: Diploma thesis

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc

Supervisor: Mgr. Ondřej Kapuš, Ph.D.

The year of the thesis: 2021

Abstract: The main goal of this study is to assess body composition parameters and spirometry parameters based on their measurements in healthy adolescents and to assess the relationship between body composition and measured spirometry parameters.

Keywords: adolescents, body composition, body fat mass, fat-free mass, spirometry

Number of pages: 87

Number of appendices: 6

Language: Czech

Obsah

1. ÚVOD	8
2. SYNTÉZA POZNATKŮ	9
2.1 Tělesné složení	9
2. 1. 1 Tělesná voda	9
2. 1. 2 Tělesný tuk	10
2. 1. 3 Tukuprostá hmota	10
2. 1. 4 Svalová tkáň	11
2. 1. 5 Kostní tkáň	11
2. 1. 6 Bílá tuková tkáň	12
2. 1. 7 Hnědá tuková tkáň	12
2. 1. 8 Další typy tukové tkáně	13
2. 2 Modely tělesného složení	13
2. 3 Metody měření tělesného složení	15
2. 3. 1 Somatické indexy	15
2. 3. 2 Bioelektrická impedanční analýza	16
2. 3. 3 Denzitometrie	16
2. 3. 4 Počítačová tomografie	16
2. 3. 5 Magnetická rezonance	17
2. 4 Onemocnění související s tělesným složením a jeho změnami	17
2. 4. 1 Cukrovka, <i>diabetes mellitus</i>	17
2. 4. 2 Vysoký krevní tlak, hypertenze	18
2. 4. 3 Dnavá artritida (<i>Arthritis uratica</i>)	18
3. 1 Dýchací soustava	19
3. 1. 1 Obecné principy dýchání (=respirace)	19
3. 1. 2 Anatomie dýchací soustavy	19
3. 1. 3 Řízení procesu dýchání	29

3. 1. 4 Fyziologie dýchání.....	29
3. 1. 5 Mechanika dýchání	31
3. 1. 6 Onemocnění dýchacího ústrojí.....	31
3. 1. 7 Funkční vyšetření plic.....	33
3. 1. 8 Vztah spirometrie a tělesného složení.....	37
3. CÍLE	38
4. METODIKA PRÁCE.....	39
4.1 Charakteristika výzkumného souboru	39
4.2 Měření tělesného složení	39
4.3 Měření spirometrie	41
4.3 Statistická analýza	41
5. VÝSLEDKY	42
6. DISKUZE.....	47
7. ZÁVĚR.....	50
8. REFERENČNÍ SEZNAM.....	52
10. PŘÍLOHY.....	60
10.1 Seznam použitých obrázků	60
10.2 Seznam tabulek.....	61
10.3 Seznam použitých zkratk	62
10.4 Informovaný souhlas IGA 2020	64
10. 4 Dotazník.....	66
10.5 Pracovní list pro studenty	68
10.6. Řešení pracovního listu	78

1. ÚVOD

Lidské tělo představuje složitý organismus, který můžeme stručně popsat pomocí několika typů modelů. Buď to modelu na úrovni atomického, molekulárního, buněčného složení, nebo modelu tkáňově-systémového. Díky modelu tkáňově-systémového rozlišujeme u lidského těla tukuprostou a tukovou hmotu. Právě podíl tukové hmoty a rozvoj nadváhy a obezity představuje v dnešní době problém nejen ve vyspělých zemích, ale i v zemích rozvojových.

Tuková tkáň jako taková má funkci termoregulační, ochrannou a funguje jako zásobárna energie. V nadbytečné míře může ovšem působit negativně na celý lidský organismus – hovoříme-li zejména o viscerálním tuku. Viscerální tuk má tendenci hromadit se zejména v oblasti břicha, což častěji vidíme u mužů. U žen k ukládání viscerálního tuku dochází ve větší míře v období menopauzy a postmenopauzy. Za to je u žen častější ukládání podkožního tuku, zejména v oblasti boků, hýždí a stehen, který se ztrácí obtížněji. Velmi důležité, zejména u lidí s nadváhou, je zjištění množství viscerálního tuku. S větším množstvím dochází k zvýšenému riziku výskytu různých chorob – např. hypertenze, *diabetes mellitus* 2. typu, srdeční choroby, a další.

Spirometrické vyšetření představuje vyšetření plic a jejich funkčnosti. Využívá se při něm přístroj, tzv. spirometr. Spirometr dokáže zaznamenat pacientovo dýchání jako graf v závislosti na čase. Díky tomuto přístroji se mohou posuzovat statické a dynamické parametry, jako je např. vitální kapacita, vrcholový průtok vzduchu, jednosekundová vitální kapacita, a další.

Tato diplomová práce pojednává o tělesném složení a spirometrii u zdravých adolescentů (s důrazem na tukovou a tukuprostou hmotu) a sledování případných vztahů tukové či tukuprosté hmoty na parametry spirometrie.

2. SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 Tělesné složení

Tělesné složení patří k nejdůležitějším ukazatelům stupňů vývoje v ontogenezi člověka. Je velmi individuální, jelikož je významně ovlivněno věkem, pohlavím, výživou, pohybovou aktivitou a taktéž i genetickou výbavou daného jedince (Pařízková, 1998).

2. 1. 1 Tělesná voda

Voda je nejvýznamnější složkou všech živých soustav. Její množství se odvíjí od pohlaví, tělesné hmotnosti, zdravotního stavu a stupně ontogenetického vývoje. Procentuální zastoupení vody v těle u kojenců je 80–85 %, u dítěte 75 %, u dospělého muže 63 % a u dospělé ženy 53 %. Nejvíce vody je obsaženo v tělních tekutinách (91–99 %), zejména v krvi, dále ve svalech (75–80 %), v kostech (22 %), tukové tkáni (10 %). Obecně ženy vzhledem k vyššímu podílu tukové hmoty disponují nižším podílem vody, než muži (totéž platí i pro lidi s nadváhou, či obezitou). Celkový obsah vody v těle označujeme jako celková tělesná voda (TBW, *total body water*). Na stáří se TBW snižuje (Lavríková, Fontana; 2018; Riegerová et al., 2006).

Obsah vody v intracelulárním prostoru tvoří $\frac{2}{3}$ TBW u dospělého člověka, v extracelulárním prostoru je to zbylá $\frac{1}{3}$ TBW. U novorozenců je rozdělení prohozené, $\frac{2}{3}$ TBW v extracelulárním prostoru a $\frac{1}{3}$ TBW v intracelulárním prostoru. Dále je voda součástí tekutin tělních dutin, např. mozkomíšního moku, synoviální tekutiny, trávicích šťáv, tekutin pleurální dutiny a další (Lavríková, Fontana; 2018).

Voda je v živých organismech nezbytná – funguje jako vhodné rozpouštědlo, je taktéž vhodným prostředím pro různé biochemické reakce, podílí se na udržení osmolarity, plní termoregulační funkci. Metabolismus vody je úzce spjat s metabolismem sodíku. Resorpci vody v ledvinách udržuje vazopresin (ADH), při větších ztrátách vody (např. při průjmech) nastupuje tzv. RAAS systém (renin-angiotenzin-aldosteronový systém).

2. 1. 2 Tělesný tuk

Tělesný tuk (BFM, *body fat mass*) je jedním z nejvariabilnějších komponentů lidského těla. Je poměrně snadno ovlivnitelný typem stravy, pohybem a aktivitou jedince, taktéž závislý na stádiu ontogenetického vývoje. Může utvářet 6–60 % z celkové tělesné hmotnosti. Od 30. roku života klesá objem svalové hmoty o cca 1 %. Tento roční úbytek svalové hmoty bývá nahrazován tukovou tkání. Tělesný tuk může také významně ovlivňovat zdraví jedince, přičemž jeho nadbytek může vést k diabetu, nebo k různým kardiovaskulárním onemocněním. Ovšem tělesný tuk nepůsobí pouze negativně – plní v organismu důležité funkce – funguje jako zásobárna energie, plní ochrannou či termoregulační funkci. Ženy mají celkově větší podíl tělesného tuku, než muži (Riegerová et al., 2006; Rokyta, 2015). Tabulka 1 prezentuje doporučené procentuální zastoupení tuku u mužů a žen.

Tabulka 1. Doporučené zastoupení tělesného tuku u mužů a žen

Věk	<30	30–50	>50
Ženy	14–21 %	15–23 %	16–25 %
Muži	9–15 %	11–17 %	12–19 %

Dostupné na: <https://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html>; upraveno

Důležitým faktorem u tělesného tuku je i jeho distribuce. Odlišnosti v distribuci jsou dány jak pohlavím, ontogenetickým vývojem, tak i rasovým zařazením. U žen je typickým jevem ukládání tuku v oblasti boků, hýždí a stehen – zde se jedná o tzv. podkožní tuk, který není tak rizikovým faktorem (typ *hrušky*, ztrácí se obtížněji). U mužů často dochází k ukládání tuku v oblasti břicha, zde hovoříme o tzv. viscerálním tuku (typ *jablka*, ztrácí se snadněji). V tomto případě se mohou (i v důsledku obezity) objevovat častěji různé metabolické poruchy, např. inzulínová rezistence (Rokyta, 2015).

2. 1. 3 Tukuprostá hmota

Tukuprostá hmota, neboli FFM (*fat-free mass*) je velmi heterogenní složkou lidského organismu. Je závislá na věku, pohlaví, pohybové aktivitě a na dalších endogenních a exogenních faktorech. Dle Riegerové, et al. (2006), zahrnuje tukuprostá hmota okolo 60 % svalstva, 25 % opěrné a pohybové tkáně a 15 % tvoří hmotnost vnitřních orgánů člověka. Změny podílu tukuprosté hmoty jsou nejvýraznější v pubertě, mezi 12. – 16. rokem, kdy se začínají objevovat rozdíly mezi pohlavím, zejména u chlapců dochází k výraznějšímu nárůstu

kostní a svalové hmoty. Dále rozeznáváme i tzv. štíhlou tělesnou hmotu (LBM, *lean body mass*), která představuje tukuprostou hmotu bez kostních minerálů (Riegerová et al., 2006).

2. 1. 4 Svalová tkáň

Pohyb, jev patřící k základním projevům života, zajišťuje především svalová tkáň (*muscle mass*). Jedná se o tři typy svaloviny, které jsou odlišeny jak morfologicky, funkčně tak i schopností regenerace. Jedná se o hladkou, kosterní a srdeční svalovinu. V průběhu života se podíl na hmotnosti u těchto tří typů svalovin mění, zejména v období dospívání, kdy dochází k prudkému nárůstu svalstva, zejména u chlapců. K degradaci přirozeně dochází zhruba po 25. roku života v závislosti na zdravotním stavu daného jedince, jeho pohybové aktivitě, atd. (Riegerová et al., 2006; Rokyta, 2015).

2. 1. 5 Kostní tkáň

Kostní tkáň představuje bílou až nažloutlou, velmi tvrdou pojivovou tkáň. Jedná se o živou tkáň tvořenou anorganickou i organickou hmotou (*ossein*). Kost vzniká jako kost vláknitá (embryonální, původnější), poté je přestavěna na lamelózní, kterou tvoří osteony (Haversovy systémy). Lamelóza je pak přítomna jak v kosti hutné, tak v kosti houbovitě. Kostní tkáň roste do šířky díky okostici (*periost*), která je bohatě cévně i nervově zásobena. Růst do délky zajišťují růstové chrupavky, které do 18. roku života mizí. Dřeňovou dutinu uvnitř kostí vyplňuje kostní dřeň. Ta může být hemopoeticky aktivní, čili červená kostní dřeň, žlutá kostní dřeň, která již obsahuje tukové buňky a šedá (degenerovaná) kostní dřeň, bez tukových buněk. Červená kostní dřeň se po 20. roce života zachovává pouze v houbovitě kostní tkáni pažní kosti (*humerus*), stehenní kosti (*femur*), v žebrech (*costae*), pánvi (*pelvis*), v hrudní kosti (*sternum*) a v *diploe* kosti lebeční (Šmídková et al., 2003).

Kostra dospělého člověka obsahuje cca 206 kostí. V dospělosti dochází neustále k resorpci a k obnově kostní tkáně. V mládí je resorpce a novotvorba kostní tkáně téměř vyrovnaná, s přibývajícím věkem (zhruba po 25. roku života) začíná resorpce kosti převažovat nad její novotvorbou. Velmi osvědčeným ukazatelem biologického věku se stal tzv. kostní věk. Kostní věk je velmi užitečným parametrem k posouzení vývoje a růstu dítěte. Díky RTG snímkům levé (u leváka pravé) ruky a distálního předloktí určuje stupeň vývoje skeletu u dětí a dospívajících. Např. metoda TW2, resp. TW3 (již novější metoda, zohledňující sekulární trendy) hodnotí tvar a velikost osifikačních center – každé kůstce je

přiděleno určité skóre (1–1 000), které udává hodnotu kostního věku (skóre 1 000 = plná zralost skeletu) (Dylevský, 2009; Riegerová et al., 2006).

2. 1. 6 Bílá tuková tkáň

Bílá tuková tkáň je tvořena kulovitými tukovými buňkami, tzv. adipocyty. Adipocyty mají v cytoplazmě tukovou kapénku (vakuolu) – většinou jednu větší (která vyplňuje téměř celý prostor cytoplazmy). Při dlouhodobém hladovění může docházet k jejímu rozpadu na několik menších. Hlavním úkolem je tudíž postupné uvolňování tuků z velké kapénky (vakuoly) v době nedostatku. Dále jsou součástí tohoto typu tkáně retikulární vlákna, v místě námahy i kolagenní vlákna (Dylevský, 2009).

Tento typ tukové tkáně je hlavním energetickým zdrojem organismu. Hromadění tohoto typu tkáně může vést ke zvýšenému riziku výskytu různých kardiovaskulárních onemocnění, *diabetes mellitus* 2. typu (více níže), a dalších (Zouhar, 2020).

Bílá tuková tkáň má ovšem i důležitou hormonální roli – dokáže svými tkáňovými hormony (adipokiny) ovlivňovat další orgány. Jedním z nejznámějších tkáňových hormonů je např. leptin. Jedná se o typ informátora – dává zbytku těla informace o stavu tukových zásob. Při náhlém hubnutí je sekrece leptinu nízká, mozek dostává informaci, že musí šetřit s energií pro životně důležité orgány. Nízká sekrece též vyvolává pocit hladu. Vyšší sekrece leptinu je např. po jídle – v tomto případě dochází k útlumu pocitu hladu (Zouhar, 2020).

Bílá tuková tkáň nepředstavuje pouze nepříjemné (především esteticky) úložiště zásobních látek, ale má i významnou endokrinní a parakrinní funkci. Úzce je též spjata s činností imunitních buněk (prostřednictvím látek jakou jsou např. cytokiny) (Zouhar, 2020).

2. 1. 7 Hnědá tuková tkáň

Hnědá tuková tkáň se od bílé liší jak funkčně, tak i anatomicky. U hnědé tukové tkáně jsou tukové buňky hnědé, menší, mají více menších tukových kapének a velké množství mitochondrií – svou stavbou je podobná stavbě žláz. U dětí do 1. roku života mají významnou termoregulační funkci. U dospělých jedinců se hnědá tuková tkáň vyskytuje jen v určitých oblastech těla, především v mezihrudí, okolí páteře, aorty, ... Je velmi důležitá u hibernujících živočichů (proto se jí někdy říká *hibernující* tuková tkáň). K objevení hnědé tukové tkáně u dospělých jedinců došlo poměrně nedávno, v roce 2009. Dle Zouhara (2020) má tento objev velký význam především i v léčbě obezity a příbuzných onemocnění. Hnědá tuková tkáň

dokáže prakticky neomezeně spalovat obrovské množství tuků a tím pádem by mohla její aktivace výrazně ovlivnit podíl nadbytečné tukové tkáně (Dylevský, 2009; Zouhar, 2020).

2. 1. 8 Další typy tukové tkáně

Kromě bílé a hnědé tukové tkáně existují ještě další podtypy tukové tkáně, a to je tuková tkáň béžová, nebo tuková tkáň růžová.

Běžová tuková tkáň obsahuje béžové tukové buňky, které jsou nezralé a dozrávají, aby byly schopny spalovat tuk. Tento typ tukové tkáně se řadí mezi hnědou a má též termoregulační funkci (Olivová, 2017).

Za růžovou tukovou tkáň bývá označována podkožní bílá tuková tkáň během těhotenství a laktace u samic/žen. Právě tyto růžové adipocyty mají zajišťovat dostatečné množství zásob pro krmení mláďat/novorozenců. Buňky mají růžovou barvu a dle Giordana et al. (2014) se růžové adipocyty vyvinuly přeměnou z bílých adipocytů a proto se dnes uvažuje o zavedení růžového typu tukové tkáně (Giordano et al., 2014).

2. 2 Modely tělesného složení

Modely tělesného složení jsou využívány na základě toho, co je předmětem výzkumu. Díky těmto modelům dokážeme lidské tělo hodnotit jako celek. Dle Riegerové et al. (2006) dělíme modely tělesného složení následovně:

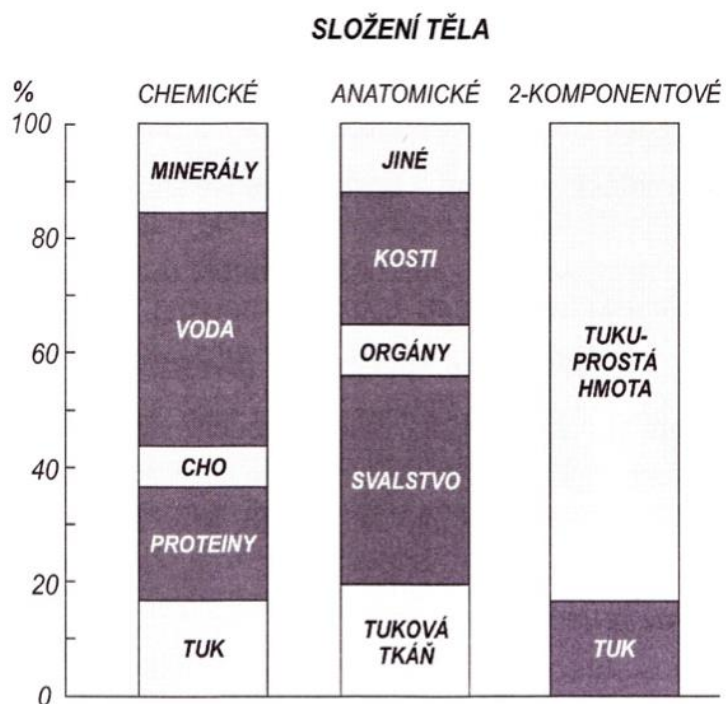
- a) Atomický model: vychází ze zastoupení jednotlivých makrobiogenních prvků v lidském těle, které tvoří až 98 % živé hmoty (C, H, O, N, P, Ca, ...) (Riegerová et al., 2006).
- b) Molekulární model: lidské tělo je tvořeno asi 100 tisíci chemickými sloučeninami, které jsou poskládány z 11 hlavních prvků. Hlavní komponenty představují voda, lipidy, proteiny, minerály a glykogen. Tyto komponenty nám utváří celkovou hmotnost těla. Na molekulární úrovni u tohoto modelu lze měřit např. celkovou tělesnou vodu (Pařízková, 1998; Riegerová et al., 2006).
- c) Buněčný model: je založen na spojení jednotlivých komponentů molekulárního modelu uvnitř buňky. Jedná se o extracelulární tekutinu (94 % tvoří voda; plazma +

intersticiální tekutina), která společně se svalovými, epiteliálními, pojivovými a nervovými buňkami tvoří hmotnost těla (Riegerová et al., 2006).

d) Tkáňově-systémový model: představuje tělesnou hmotnost pomocí třech typů tkání; svalové, kostní a tukové (Riegerová et al., 2006).

e) Celotělový model: představuje antropometrické měření čili různě naměřené hodnoty, indexy, vzorce; např. tělesnou výšku, hmotnost těla, atd. Celotělový model se v klinické praxi (dle možnosti užití různých technik) dále dělí na další tři typy:

- Dvoukomponentový model – jedná se o rozdělení lidského těla na dva základní komponenty – tukovou a tukuprostou hmotu; nejpoužívanější model
- Tříkomponentový model – u tohoto modelu se rozlišují tři komponenty, a to tuk, voda a sušina (proteiny + minerály).
- Čtyřkomponentový model – zde dochází k rozlišení komponentů na tuk, extracelulární tekutiny, buňky a minerály (Riegerová et al., 2006).



Obrázek 1. Modely složení těla, dostupné na: <https://publi.cz/books/149/12.html>

2. 3 Metody měření tělesného složení

2. 3. 1 Somatické indexy

Dle Borga et al. (2018) je nejčastěji používanou metodou pro odhad tělesného tuku index tělesné hmotnosti (BMI). BMI index (*body mass index*) je definován jako podíl tělesné hmotnosti daného jedince (v kg) k druhé mocnině k jeho tělesné výšce (v m²). Jde o poměrně jednoduchou metodu, co se týče definice pro podváhu, normu, nadváhu a obezitu (dle WHO), viz tabulka 2. Ovšem BMI index neumožňuje postihnout změny v zastoupení tukové a tukuprosté hmoty, slouží tedy spíše jako orientační ukazatel, u kterého je vhodné doplnit o další informace (údaje), které se týkají např. zastoupení tělesného tuku a jeho distribuce (Gába, 2011).

Tabulka 2. Kategorie BMI (v kg/m²)

Podváha	<18,5
Norma	18,5–24,9
Preobezita/nadváha	25,0–29,9
Obezita I. stupně	30,0–34,9
Obezita II. stupně	35,0–39,9
Obezita III. stupně	>40,0

Dostupné na: [http://www.szu.cz/ehes-antropometricka-](http://www.szu.cz/ehes-antropometricka-mereni?highlightWords=antropometrick%C3%A9+m%C4%B5%99en%C3%AD)

[mereni?highlightWords=antropometrick%C3%A9+m%C4%B5%99en%C3%AD](http://www.szu.cz/ehes-antropometricka-mereni?highlightWords=antropometrick%C3%A9+m%C4%B5%99en%C3%AD); upraveno

Dalším typem antropometrického měření je tzv. WHR (*waist-to-hip ratio*) index. Tento index se využívá orientačně, při hodnocení rizika abdominální obezity. Jedná se o poměr pasu a boků – obecně můžeme říci, čím vyšších hodnot nabývá, tím vyšší je riziko abdominální obezity (Gába, 2011). Hranice poměru rizikovosti vzniku abdominální obezity je podle Riegerové et al. (2006) u žen 0,85 (85 %) a u mužů 0,95 (95 %).

Ovšem jak index BMI, tak WHR neumožňuje postihnout změny v zastoupení jednotlivých tělesných složek. Z tohoto důvodu, se pro objektivnější měření a celkové posouzení možných zdravotních rizik využívá FFMI (*fat-free mass index*), nebo BFMI (*body fat mass index*). Součtem hodnot indexů FFMI a BFMI získáme hodnotu BMI.

Tabulka 3. Klasifikace BFMI a FFMI v závislosti na BMI u mužů a žen

BMI (kg/m ²)	BFMI (kg/m ²)	FFMI (kg/m ²)
muži		
<18,5	≤1,7	≤16,6
18,5–24,9	1,8–5,1	16,7–19,7
25,0–29,9	5,2–8,2	19,8–21,6
≥30	≥8,3	≥21,7
ženy		
<18,5	≤3,8	≤14,5
18,5–24,9	3,9–8,1	14,6–16,7
25,0–29,9	8,2–11,7	16,8–18,1
≥30	≥11,8	≥18,2

Zdroj: Kyle, Morabia, et al. (2004); upraveno

2. 3. 2 Bioelektrická impedanční analýza

Jedná se o neinvazivní, relativně levnou, bezpečnou a v poslední době velmi využívanou metodu. Tato metoda využívá neškodný střídavý elektrický proud k odhadu tělesného složení. Je založena na odlišných elektrických vlastnostech tkání, tuku a vody. Tukuprostá hmota obsahuje velké množství vody a elektrolytů, je tedy dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň se chová jako izolant (Gába, 2011; Riegerová et al., 2006).

2. 3. 3 Denzitometrie

Denzitometrie je metoda, která je založena na dvoukomponentovém modelu – využívá BFM a FFM, tudíž dokáže stanovit množství tělesného tuku a tukuprosté hmoty na základě odlišné tělesné denzity. Jedná se o neinvazivní, poměrně rychlou metodu, hojně využívanou v revmatologii a příbuzných oborech k posouzení a celkovému měření kostní denzity (Gába, 2011; Riegerová et al., 2006).

2. 3. 4 Počítačová tomografie

Počítačová tomografie (CT) představuje jednu z nejpřesnějších metod posouzení tělesného složení. Umožňuje i detailnější proměření kostí a svalů, ovšem velkou nevýhodou je vystavení těla rentgenovému (rtg) záření. Taktéž její cena a dostupnost výrazně ovlivňuje využití CT v tomto směru (Riegerová et al., 2006).

2. 3. 5 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance (MRI) je metoda využívající silné magnetické pole. Velmi dobře zobrazuje měkké tkáně, je neinvazivní, ovšem finančně nákladnou zobrazovací technikou. Je využívána především ve zdravotnictví, kde je obrovskou výhodou absence rtg záření a možnost většího rozlišení na konkrétních snímcích (řezech). Taktéž je vhodná pro metodu odhadu množství viscerálního tuku (Gába, 2011; Riegerová et al., 2006).

2. 4 Onemocnění související s tělesným složením a jeho změnami

Určitá procenta tuků a svaloviny se liší na základě pohlaví, či ontogenetického vývoje. Tělesné složení daného člověka může být též ukazatelem konkrétního životního stylu, nebo může indikovat různá, často i závažná onemocnění.

2. 4. 1 Cukrovka, *diabetes mellitus*

Diabetes představuje chronické metabolické onemocnění, u kterého dochází k poruchám látkové výměny cukrů. U cukrovky rozlišujeme *diabetes mellitus* 1. typu a 2. typu (Dylevský, 2009).

U diabetu 1. typu (DM1) dochází k různě rychle probíhajícímu zánětu u β -buněk Langerhansových ostrůvků slinivky břišní (*pancreas*) a k jejich zániku. Tento proces má za následek absolutní nedostatek inzulínu (Rybka, 2007).

U diabetu 2. typu (DM2) nedochází k zániku β -buněk slinivky břišní, nýbrž k necitlivosti, nebo nedostatku buněčných receptorů pro inzulín. Na vzniku této choroby se podílí vlivy genetické, i vlivy prostředí (Dylevský, 2009; Rybka, 2007). Rybka (2007) uvádí jako příklady zvýšeného rizika výskytu DM2 životní styl (diety apod.), příbuzenské vztahy v rodinách s výskytem DM2, DM2 jako důsledek patologických stavů, a jiné.

Inzulínová rezistence (IR) je stav, kdy jakékoliv orgány a tkáně v lidském těle (kosterní svalovina, tuková tkáň atd.) nejsou schopny v dostatečné míře reagovat na inzulín. Hormon inzulín dokáže v játrech stimulovat procesy, vedoucí k poklesu hladiny cukru v krvi (tvorba glykogenu, urychlení glykolýzy). Proto při IR dochází ke zvýšení hladiny cukru v krvi, k tzv. hyperglykémii. Příčinou IR však mohou být i genetické mutace, zde hovoříme

o tzv. primární inzulínové rezistenci. Na vzniku IR se podílí i přejídání, spojováno s obezitou, kombinace některých léčiv, nedostatek pohybu, kouření atp. (Rybka, 2007).

2. 4. 2 Vysoký krevní tlak, hypertenze

Při hypertenzi dochází k chronickému zvýšení krevního tlaku. Ve vyspělých zemích představuje hypertenze velmi závažný zdravotní problém a společně s obezitou, kouřením, nedostatkem pohybu je jedním z rizikových faktorů vzniku cévních mozkových příhod, aterosklerózy a patologických stavů (Vítovec et al., 2020).

2. 4. 3 Dnavá artritida (*Arthritis uratica*)

Dnavá artritida (dna) je chronické onemocnění, objevující se často u obézních pacientů. Souvisí s poruchou metabolismu purinů a s tvorbou kyseliny močové. Soli kyseliny močové se ukládají ve formě krystalků zejména v kloubech, a mohou vyvolat akutní zánět kloubů (Olejárová, 2011).

Mezi další onemocnění, mající souvislost i s tělesným složením, patří např. spánková apnoe, kdy dochází k dočasné zástavě dechu (několik sekund) během spánku. Často se vyskytuje u obézních jedinců, kdy může množství tuku tlačit na plíce, a mohou se objevovat další problémy, jako např. časté zadýchávání. U obézních jedinců je též zvýšené riziko vzniku určitých nádorů, artrózy a problémy s reprodukcí (Nutriadapt, 2014; Rokyta, 2015).

V opačném případě, při podváze/podvýživě, může docházet ke špatné hojivosti organismu, nízkému krevnímu tlaku, celkovému oslabení organismu, u žen k vynechání menstruace a tak dále. Zde je velmi důležitá i příčina podváhy/podvýživy – diety (např. u modelek), vs. onemocnění, která podváhu způsobují.

3. 1 Dýchací soustava

3. 1. 1 Obecné principy dýchání (=respirace)

Dýchání a obecně dýchací soustava plní nenahraditelnou funkci v našem organismu (společně se soustavou kardiovaskulární a nervovou). Z fyziologického hlediska tvoří dýchací a oběhový systém funkční celek – tzv. *kardiopulmonální systém*. Nezbytnou součástí dýchání je kyslík, který je spotřebován v tkáních za vzniku energie, oxidu uhličitého a vody. Pokud dochází k výměně plynů mezi vnějším prostředím a organismem, hovoříme o tzv. *plicní ventilaci* (=zevním dýchání). Pokud dochází k transportu plynů mezi plicními sklípky a tkáněmi, hovoříme o tzv. *tkáňovém dýchání* (=vnitřním dýchání). Dalším typem dýchání je *buněčné dýchání*, při kterém dochází na buněčné úrovni k rozkladu glukózy za přítomnosti kyslíku a tím pádem ke vzniku energie, která je následně využita samotnou buňkou pro buněčné děje (Dylevský, 2009; Slavíková, Švíglerová; 2012).

3. 1. 2 Anatomie dýchací soustavy

Dýchací soustavu tvoří horní cesty dýchací, dolní cesty dýchací a plíce (*pulmo*). Vznikají společně s ústrojím trávicím. Horní dýchací cesty zahrnují nos (=nosní dutinu, *cavitas nasi*) a nosohltan (*nasopharynx*); dolní dýchací cesty zahrnují hrtan (*larynx*), průdušnici (*trachea*) a průdušky (*bronchus*) (Dylevský, 2009). „Dolní cesty dýchací vznikají nezávisle na horních, jako výchlípka přední stěny hltanu.“ (Čihák, 2013).

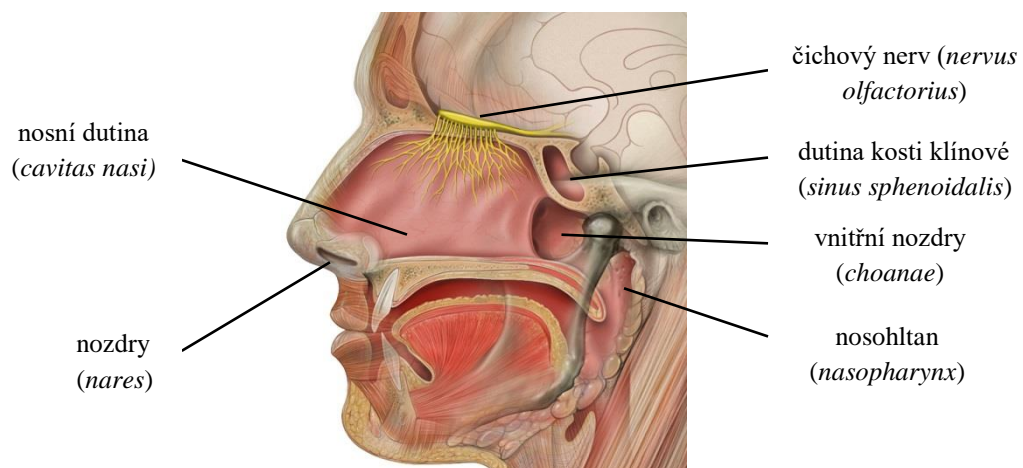
Horní cesty dýchací

- **Nos, dutina nosní (*cavitas nasi*)**

Nos je nepárový lidský orgán, který kromě vedení vzduchu dále do plic zprostředkovává i jeden z pěti základních smyslů, čich. Je tvořen jak kostěnou částí, tak i chrupavčitou (konkrétně chrupavkou hyalinní). Vstupem do dutiny nosní jsou nosní dírky (=nozdry, *nares*). Dále je nos tvořen kořenem nosu, hřbetem, hrotem a dvěma křídly nosními. V nosní dutině se vzduch ohřívá, filtruje a sytí vodní parou. Jedná se o prostor, který je po stranách ohraničen výběžky horní čelisti (*maxilla*), dále

kostí čelní (*os frontale*), čichovou (*os ethmoidale*) a nosními kůstkami (*ossa nasalia*). Vnitřní nozdry (*choanae*) spojují nosní dutinu s nosohltanem. Kůže nosu je prokrvená, tenká a upínají se do ní mimické svaly (např. zdvihač horního rtu, *musculus levator labii superioris*). Sliznice nosu je silně prokrvená, zejména v předních oblastech nosní přepážky (*septa*) je silně prokrvený okrsek (*locus Kiesselbachi*), který bývá častým zdrojem krvácení z nosu, *epistaxe*. Sliznice dále obsahuje množství čichových buněk a hlenových žláz (Bowmanovy žlázy) (Čihák, 2013; Dylevský, 2009, Dylevský, 2019; Fiala, et al., 2015).

Nosní dutina je spojena s určitými prostory v lebečních kostech, kterým říkáme vedlejší nosní dutiny (*sinus paranasales*). Ty vznikají jako vedlejší výchlípky sliznice do okolních kostí, kde následně došlo k ústupu spongiózy a vytvořily se pneumatizované dutiny. Nosní dutiny slouží jako rezonanční prostor pro tvorbu hlasu, či k zvlhčení vdechnutého vzduchu. Mezi dutiny nosní řadíme dutinu horní čelisti (=největší párová dutina, *sinus maxillaris*), dutinu čichové kosti (*sinus ethmoidalis*), dutinu klínové kosti (*sinus sphenoidalis*) a čelní dutinu (*sinus frontalis*), (Dylevský 2009; Dylevský 2019; Šmídková et al., 2003).



Obrázek 2. Popis částí nosu a dutiny nosní, dostupné na: <https://www.akademon.cz/Article?suffix=1117>; upraveno

- **Nosohltan** (*nasopharynx*)

Jedná se o tzv. nosní část hltanu, která navazuje na dutinu nosní a převádí nosem vdechnutý vzduch do úseku hrtanu. Měkké patro a čípek (*uvula*) tvoří hranici mezi

ústní částí hltanu a nosohltanem. Na bočních stěnách hltanu se nachází otvory, kterými do nosohltanu ústí Eustachovy trubice, sloužící k vyrovnávání změny tlaku v dutině středouší. Právě těmito trubicemi se mohou dostat viry a bakterie z oblasti nosní dutiny a nosohltanu do středního ucha a způsobit tak zánět středního ucha (*otitis media*; častý hlavně u malých dětí). V blízkosti těchto dvou trubic jsou nakupeny nosohltanové mandle, které slouží jako bariéra proti infekcím šířící se vzduchem (Dylevský, 2009; Dylevský, 2011).

Dolní cesty dýchací

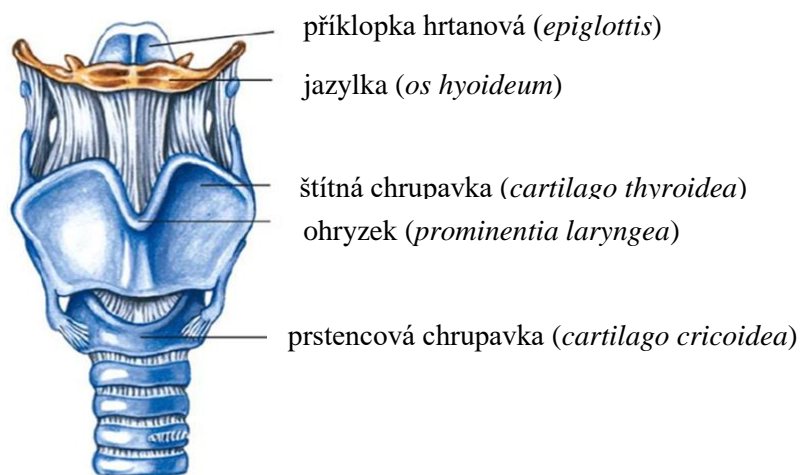
- **Hrtan** (*larynx*)

Hrtan je nepárový, trubicovitý orgán, jenž slouží k primárně k respiraci a fonaci. Je uložen před jícnem a zavěšen na jazylce (*os hyoideum*), která je zavěšena pomocí vazů na výběžek kosti spánkové (*processus styloideus*). Skelet hrtanu je tvořen chrupavkami. Největší chrupavkou hrtanu je chrupavka štítná (*cartilago thyroidea*), která se skládá z pravé a levé ploténky, jejichž spojení tvoří zejména u mužů zepředu hmatný „ohryzek“, či „Adamovo jablko“. Ve štítné chrupavce se v průběhu života tvoří okrsky, které později osifikují (jedná se o jedno z kritérií určení věku u zesnulých). Dalšími chrupavkami tvořící skelet hrtanu jsou chrupavka prstencová (*cartilago cricoidea*), chrupavky hlasivkové (*cartilagine arytaenoideae*), chrupavky příklopky hrtanové (*cartilago eppiglottica*) a několik dalších menších chrupavek, které jsou mezi sebou spojeny drobnými klouby a vazy. Chrupavka příklopky hrtanové je jediná elastická chrupavka hrtanu (ostatní jsou tvořeny především hyalinní chrupavkou). Její důležitost je daná především tím, že při polykání sousta se přikládá na stranu hrtanu – zabraňuje tím vdechnutí potravy do dýchacích cest. Zúžená část hrtanu, kde dochází k tvorbě hlasu, se nazývá *glottis* (=hlasivka). Na vzniku lidského hlasu se kromě hlasivek podílí i vedlejší nosní dutiny, které ovlivňují např. i *barvu* hlasu. Svaly hrtanu jsou inervovány bloudivým nervem (*nervus vagus*) (Čihák, 2013; Dylevský, 2011; Fiala, et al., 2015).

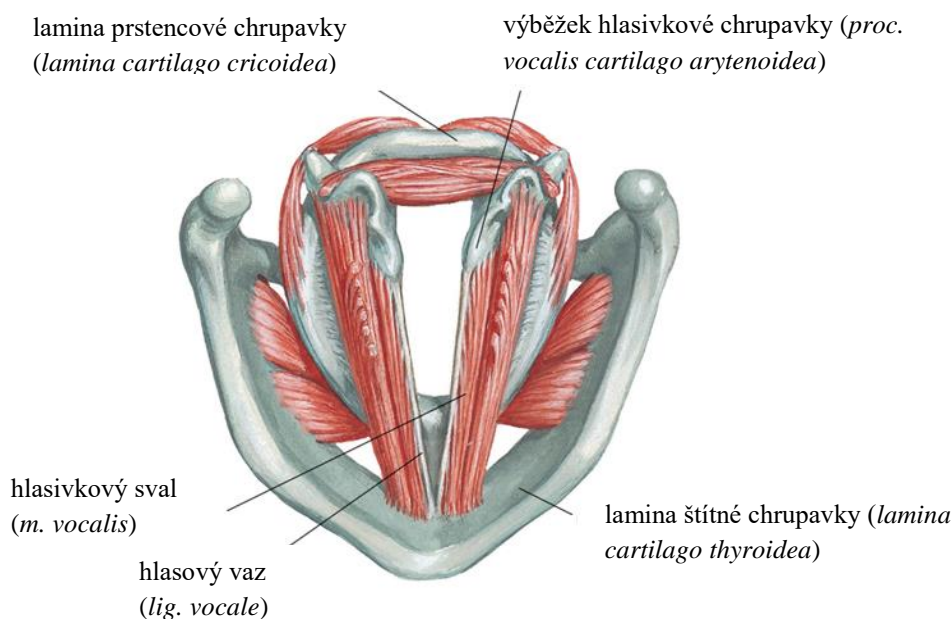
Hrtan má čtyři části. První částí je hrtanový vchod (*aditus laryngis*), který je vpředu ohraničen příklopkou hrtanovou (*epiglottis*). Druhou část tvoří hrtanová předsíň (*vestibulum laryngis*), jedná se o rozšířenou část hrtanu, která sahá až k nepárovým

hlasivkovým vazům, mezi kterými je štěrbina, *rima vestibularis*. Hrtanová komora (*ventriculus laryngis*) tvoří třetí část hrtanu. Jedná se o prostor mezi pravými a nepravými hlasivkovými vazy, mezi kterými je hlasivková štěrbina, *rima glottidis*. Hlasivkové vazy společně s hlasivkovou štěrbinou se nazývají *glottis* (=hlasivka). U hlasivkových vazů rozlišujeme dvě polohy, fonační a respirační. Při respirační poloze se hlasivkové vazy nepohybují. Vzduch proudí volně z plic a do plic. Při fonační poloze dochází k napnutí hlasivkových vazů, štěrbina se uzavře a vazy se rozkmitají. Samotná výška hlasu záleží jak na pohlaví (muži mají hlas položený níže než ženy), tak i na délce hlasivkového vazů (*ligamenta vocalia*), viz obr. 4. Čtvrtá, poslední část hrtanu, jsou podhlasivkové dutiny (*cavitas infraglottica*), které sahají od hlasivkových vazů až po dolní okraj chrupavky prstencové a následně přechází do průdušnice (Hanzlová, Hemza; 2007).

Sliznice hrtanu je kryta víceřadým řasinkovým epitelem, který obsahují pohárkovité buňky tvořící hlen. Podslizniční vazivo je tvořeno řídkým vazivem, které při zánětu může snadno prosáknout a vzniklý otok může vést k udušení. Urgentním, ale krátkodobým výkonem při této situaci může být tzv. *koniotomie*, při které dochází k probodnutí membrány koniotomickou jehlou mezi chrupavkou štítnou a prstenčitou (Čihák, 2013; Dylevský, 2011; Fiala, et al., 2015).



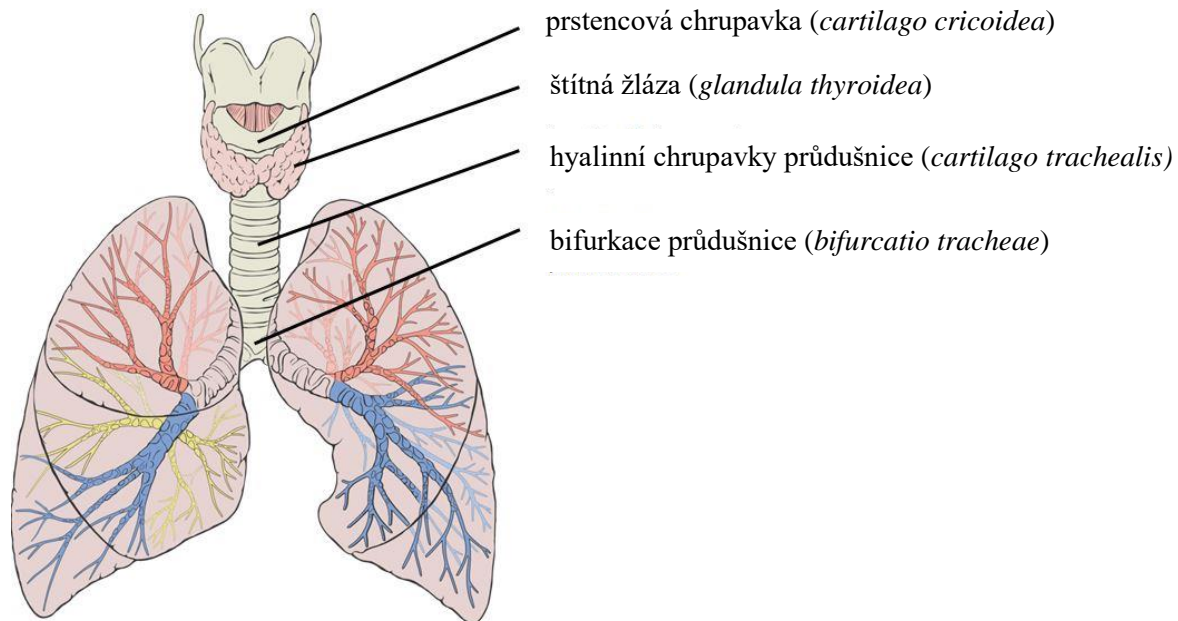
Obrázek 3. Hrtan, pohled zepředu, dostupné na: <https://zs-tgm-prirodopis-87.webnode.cz/dychaci-soustava/>; upraveno



Obrázek 4. Hrtan, pohled shora, zdroj: Netter (2014); upraveno

- **Průdušnice (*trachea*)**

Průdušnice je trubice dlouhá asi 13–15 cm, která navazuje na hrtan, konkrétně na prstencovou chrupavku hrtanu. Začíná v oblasti krčního obratle C6, probíhá před jícnem do oblasti hrudníku, kde končí bifurkací – rozvětvením v oblasti hrudních obratlů Th4 – Th5 ve dvě průdušky, pravou a levou (*bronchus dexter et sinister*), které dále vstupují do plic. Průdušnice se dělí na dva úseky/části, a to na krční úsek (*pars cervicalis*) a hrudní úsek (*pars thoracica*). Krční úsek začíná od prstencové chrupavky a končí horním okrajem kosti hrudní (u rokojeti kosti hrudní – *manubrium sterni*). V oblasti krku leží na průdušnici laloky štítné žlázy (*glandula thyroidea*), viz obr. 5. Hrudní úsek je uložen mezi pravou a levou pohrudnicovou dutinou, tzv. *mediastinum*. Zde na průdušnici naléhá osrdečník společně s brzlíkem (*thymus*), který po pubertě postupně involvuje. Vlevo od průdušnice probíhá v hrudním úseku oblouk aorty, vpravo se průdušnice dotýká horní duté žíly (*vena cava superior*). Stěna průdušnice je tvořena hyalinními chrupavkami, dále podložena svaly a vazy. Sliznice průdušnice je růžová, obsahující četné mucinózní žlázy; kryta víceřadým epitelem s řasinkami, které kmitají směrem k hrtanu a napomáhají tak odvádět hlen (viz obr. 6). Podél průdušnice leží lymfatické uzliny. Inervace je zajištěna pomocí bloudivého nervu (*nervus vagus*) a z krčního sympatiku (Čihák, 2013; Dylevský 2009; Dylevský 2019; Šmídková et al., 2003).



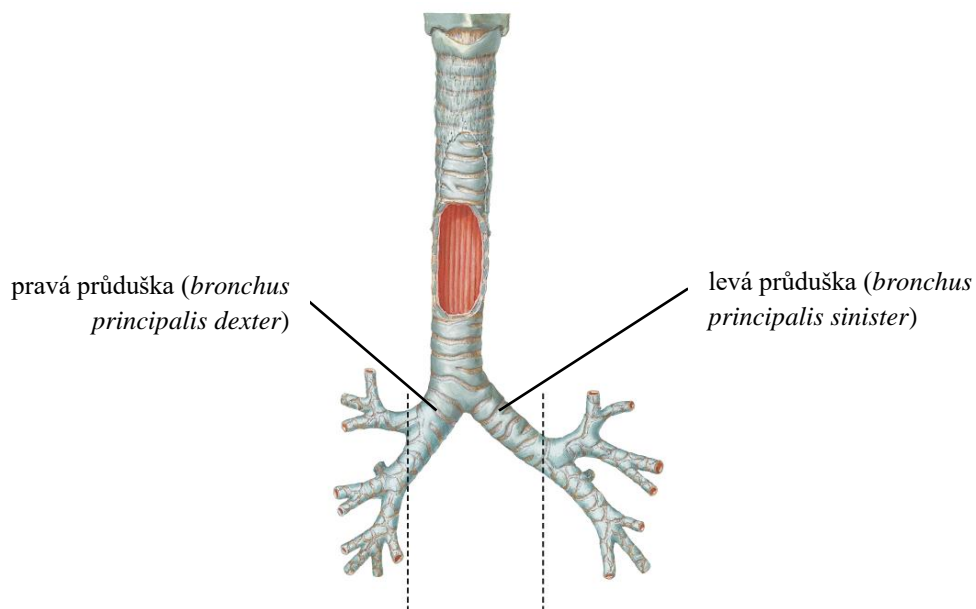
Obrázek 5. Průdušnice (*trachea*), dostupné na:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFdu%C5%AInice>; upraveno



Obrázek 6. Řasinkový epitel sliznice, dostupné na: https://is.muni.cz/do/fsp/e-learning/zaklady_anatomie/zakl_anatomieIII/pages/dychaci_soustava.htm

- **Průdušky (*bronchi*)**

Průdušky jsou trubice, které navazují na bifurkaci průdušnice. Po vstupu průdušek do plic tvoří složité větvení, tzv. bronchiální strom (*arbor bronchialis*). Pravá průduška (*bronchus dexter*) je kratší (dlouhá asi 3 cm), širší a méně odkloněna od střední osy (viz obr. 7), než průduška levá (*bronchus sinister*, dlouhá 4–5 cm). Nejčastěji tedy dochází k vdechnutí tělesa do pravé průdušky. Stěna průdušek je obdobně jako u průdušnice vyztužena chrupavkami, pouze u periferních částí průdušky jsou již neúplné chrupavky. Inervace je zajištěna především z bloudivého nervu (*n.vagus*) a z hrudního sympatiku (Čihák, 2013; Hanzlová, Hemza, 2007; Šmídková et. al., 2003).



Obrázek 7. Bifurkace průdušnice na pravou (kratší) a levou (delší) průdušku, zdroj: Netter (2014); upraveno

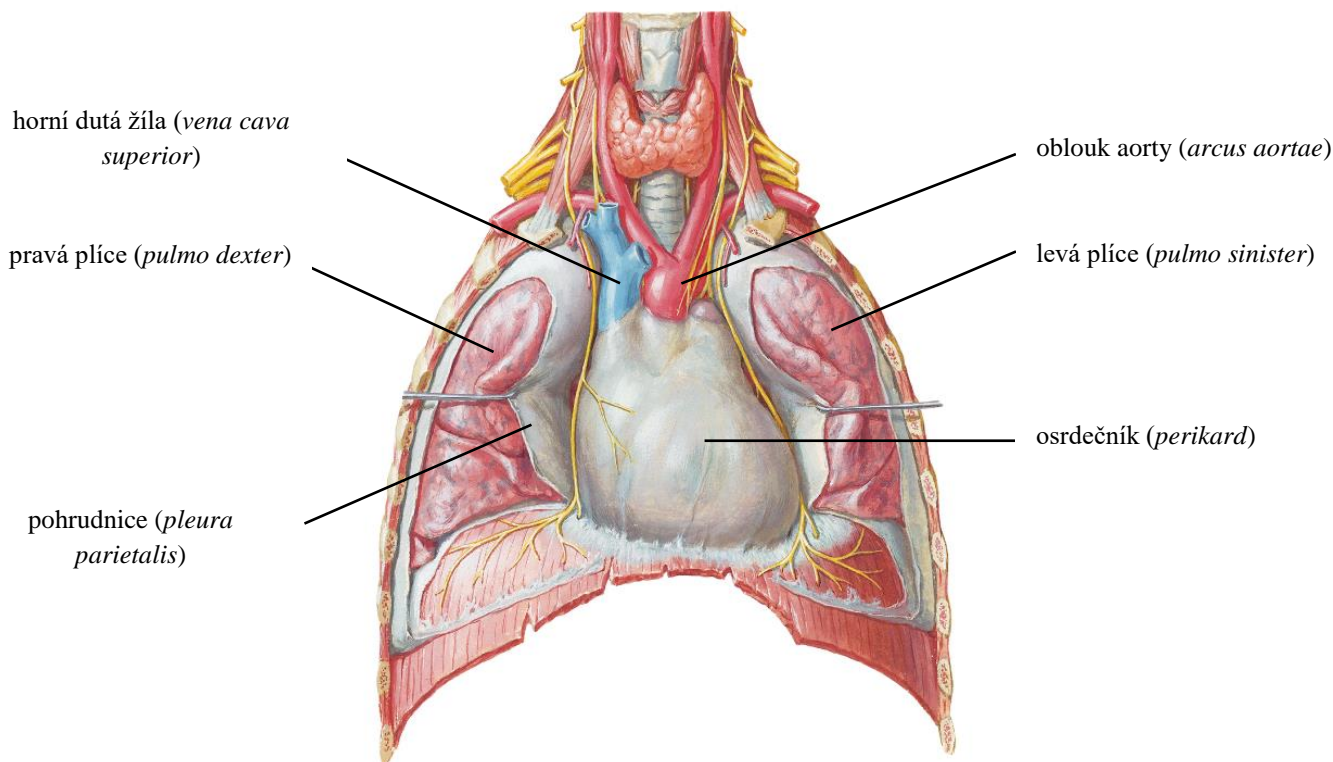
Dva hlavní bronchy (pravý a levý, *bronchus principalis dexter et sinister*) se po vstupu do plic dělí na lalokové bronchy (*bronchi lobares*), které vstupují do laloků plic. Ty se dále dělí na segmentované bronchy (*bronchi segmentales*), které vstupují do určitých segmentů plic. Jako bronchioly označujeme bronchy, jejichž průměr průsvitu je menší než 1 mm. Jejich stěna je tvořena především epitelem (který již ztrácí řasinkový charakter) a vrstvou vaziva se snopci hladké svaloviny. Při kontaktu s alergenem může dojít právě k zúžení této svaloviny a následně k dušnosti (Čihák, 2013; Dylevský, 2011).

Terminální bronchioly tvoří poslední část tzv. bronchiálního stromu. Ty se následně větví na respirační bronchioly, které už jsou součástí výměny plynů. Respirační bronchioly se dále dělí na alveolární chodbičky (*ductuli alveolares*), následně na alveolární váčky (*sacculus alveolares*), které končí jako plicní sklípky (*alveoli*). Průměr plicních sklípků je asi 0,2–0,3 mm (Čihák, 2013; Dylevský, 2011; Fiala, et al., 2015; Hanzlová, Hemza, 2007).

Plíce (*pulmones*)

Plíce jsou párové orgány, v nichž dochází k výměně plynů mezi vzduchem a krví. Pravá plíce (*pulmo dexter*) je uložena v pravé pleurální dutině (*cavitas pleuralis dextra*), levá plíce (*pulmo sinister*) je uložena v levé pleurální dutině (*cavitas pleuralis sinistra*). Velikost plic závisí na velikosti hrudníku, hmotnost se pohybuje okolo 700–800 g. Plíce mají šedorůžovou barvu, na povrchu mohou být šedočerně mramorované z prachových látek ze vzduchu. Levá plíce je (vzhledem k uložení srdce) menší, ale tvarem a vzhledem je podobná plíci pravé. Plíce mají jehlancovitý tvar a rozlišujeme na nich plicní bázi (*basis pulmonis*) a plicní vrcholek, neboli hrot (*apex pulmonis*). Místo, kde do plic vstupují bronchy, cévy a nervy označujeme jako plicní branku (*hilus pulmonis*). Plíce se dělí na segmenty, každá plíce (levá i pravá) je rozdělena na 10 segmentů. Plicní segmenty odpovídají dělení bronchů, tzv. bronchopulmonální segmenty. Inervaci plic zajišťuje bloudivý nerv společně s hrudním sympatikem (Čihák, 2013; Dylevský 2009; Fiala, et al., 2015; Hanzlová, Hemza, 2007, Šmídková et al., 2003).

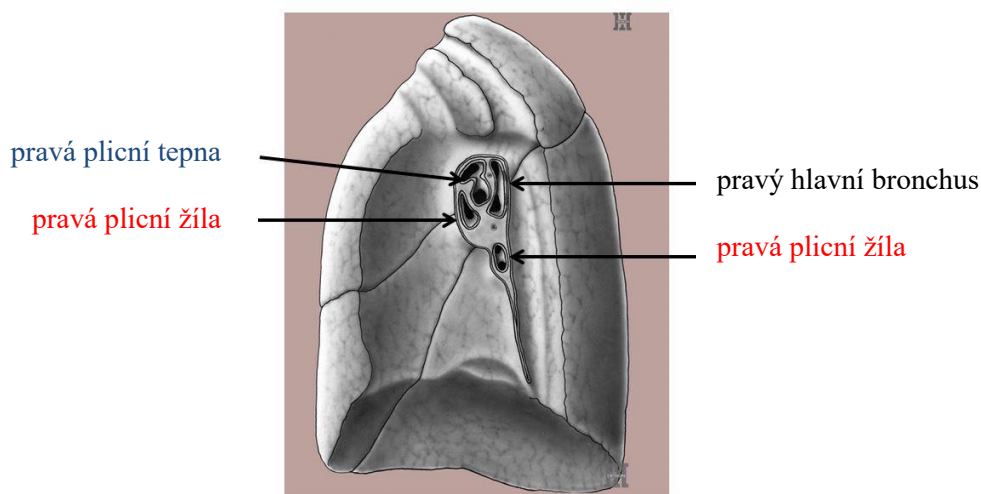
Pleurální dutiny vystýlá pohrudnice (*pleura parietalis*), serózní vazivová blána, která přechází v poplicnici (*pleura visceralis*), která naléhá na povrch plic. Prostor mezi pohrudnicí a poplicnicí se nazývá pohrudniční dutina (*cavitas pleuralis*). V pohrudniční dutině je malé množství tekutiny, která umožňuje pohyb plic. Jako mezihrudí (*mediastinum*) je označen prostor mezi pravou a levou pleurální dutinou. Jsou v něm uloženy některé orgány, jako např. průdušnice, srdce v osrdečníku, brzlík, ... (Čihák, 2013; Fiala, et al., 2015; Hanzlová, Hemza, 2007; Šmídková et al., 2003).



Obrázek 8. Pohled na plíce zepředu, zdroj: Netter (2014); upraveno

- **Pravá plíce (*pulmo dexter*)**

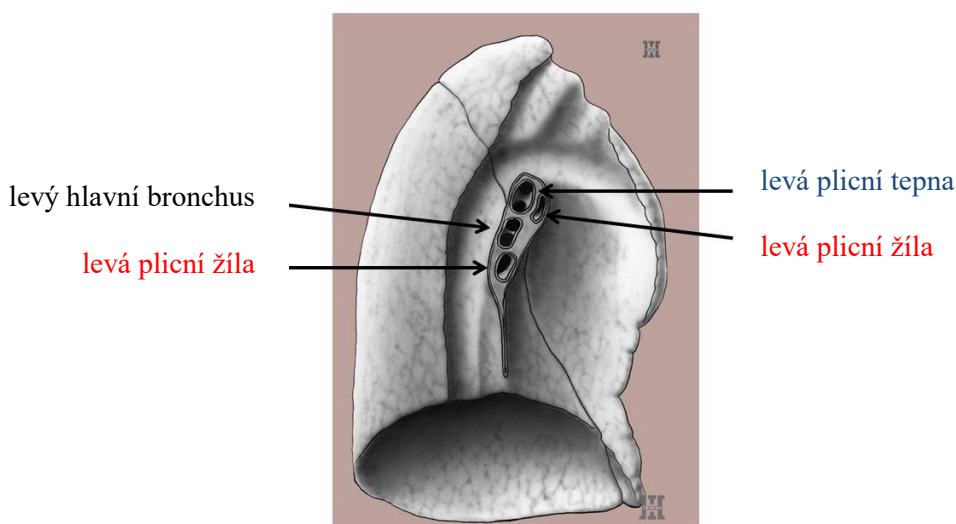
Pravá plíce je rozdělena dvěma hlubokými zářezy (*fisura obliqua, fisura horizontalis*) na tři laloky. Horní lalok (*lobus superior*), střední lalok (*lobus medius*), a dolní lalok (*lobus inferior*). Tvarem se přizpůsobuje i okolním orgánům, které na ní zanechávají různé otisky či žlábký, např. od žeber či jícnu. Do pravé plíce (obr. 9), v oblasti plicní branky (*hilus pulmonis*), dochází ke vstupu pravého hlavního bronchu, pravé plicní tepny (*arteriae pulmonalis dextra*) s plicními nervy, a naopak vystupují plicní žíly (*venae pulmonalis dextra*) (Čihák, 2013; Dylevský 2009; Fiala, et al., 2015; Hanzlová, Hemza, 2007; Šmídková et al., 2003).



Obrázek 9. Pravá plíce, plicní branka (*hilus*) dostupné na: <http://terminologia-anatomica.org/cs/ImageSet/ViewSet/2201?imageId=646>; upraveno

- **Levá plíce (*pulmo sinister*)**

Levá plíce je rozdělena šikmým zářezem (*fissura obliqua*) na dva laloky, horní lalok (*lobus superior*) a dolní lalok (*lobus inferior*). Podobně jako na pravé plíci jsou i na levé plíci otisky (či žlábký) od okolních orgánů, např. od jícnu, či oblouku aorty. Do levé plíce (obr. 10), v oblasti plicní branky (*hilus pulmonis*), vstupují levá plicní tepna (*arteriae pulmonalis sinistra*) s plicními nervy, hlavní levý bronchus a naopak vystupují plicní žíly (*venae pulmonalis sinistra*) (Čihák, 2013; Hanzlová, Hemza, 2007; Šmídková et al., 2003).



Obrázek 10. Levá plíce, plicní branka (*hilus*) dostupné na: <http://terminologia-anatomica.org/cs/ImageSet/ViewSet/2017?imageId=432>; upraveno

- **Krevní oběh plic**

Plice mají dvojitý krevní oběh. Krevní oběh výživný (nutriční) zajišťují větve aorty, které vedou okysličenou krev pro tkáň plic a průdušek. Krevní oběh funkční zajišťují plicní cévy. Z pravé srdeční komory vystupuje plicnice (*truncus pulmonalis*), dále se větví na pravou a levou plicní tepnu, obě se větví a vstupují do plic, kde přesouvají krev do kapilár obklopující alveoly. Následně nyní již okysličená krev teče do plicních žil, které vedou krev do levé síně (Čihák, 2016).

3. 1. 3 Řízení procesu dýchání

Dýchání je řízeno dvěma mechanismy, které se podílejí na volném dýchání a jeho automatické. Volné dýchání je řízeno z mozkové kůry a právě proto, ho lze do určité míry ovlivňovat vůlí. Dechová automatika je umístěna v dýchacím centru v prodloužené míše a ve Varolově mostě jako inspirační (vdechový) a expirační (výdechový) oddíl. Prodloužená mícha s Varolovým mostem jsou základními udavači rytmu dýchání a integrátoři dostředivých vstupů. V tomto ústředí vznikají vzruchy, které jdou za pomoci míšních nervů k příslušným vdechovým a výdechovým svalům. Dýchací ústředí je řízeno jak látkově, tak i nervově. Na řízení dýchání se dále podílejí chemoreceptory (reagují především na zvýšení/snížení parciálního tlaku oxidu uhličitého, či kyslíku...) a mechanoreceptory (zajištění obranných reflexů – kašláni, kýčání, ...) (Dylevský, 2009; Hanzlová, Hemza, 2007; Kittnar, 2011; Šmídková et al., 2003).

3. 1. 4 Fyziologie dýchání

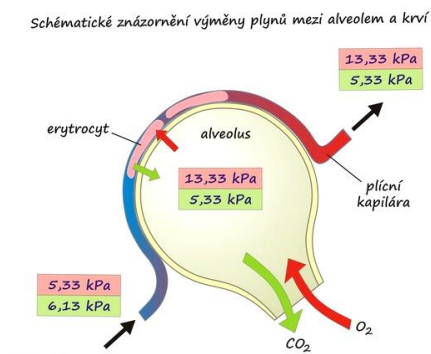
3. 1. 4. 1 Plicní ventilace

Plicní ventilace značí výměnu plynů mezi plicemi (alveolárním vzduchem) a zevním prostředím (atmosférou). Vzduch nejprve vstupuje do dutiny nosní (*cavitas nasi*), kde dochází k zachycení prachových částic a jiných chemických látek. Následně vstupuje do hltanu (*pharynx*). Díky řasinkovému epitelu dochází k posouvání slizničního sekretu uvnitř horních cest dýchacích směrem ven z dýchacích cest. Horní dýchací cesty odfiltrují částice nad 10 μm , které jsou buď to fagocytovány buňkami imunitního systému a spolýkány spolu se sekretem, nebo odcházejí z těla při reflexních dějích, jako je kýčání, či smrkání. Vzduch dále

pokračuje směrem do hrtanu (*larynx*) a proudí průdušnicí (*trachea*) do dvou průdušek (levý a pravý *bronchus*), které vstupují do plic (*pulmones*). V plicích dochází k větvení průdušek na průdušinky (*bronchioly*), které jsou zakončeny plicními sklípkami (*alveoly*). Vdechovaný vzduch je při průchodu dýchacími cestami dále ohříván a díky řasinkovému epitelu i zvlhčován vodní parou (Vácha et al., 2010; Rokyta, 2015; Šmídková et al., 2003).

3. 1. 4. 2 Přenos kyslíku

Kyslík je přenášen v krvi ve dvou formách. V 97 % je transportérem kyslíku v krvi metaloprotein hemoglobin, který je součástí erytrocytů obratlovců a některých dalších živočichů. Je-li na hemoglobin navázán kyslík (konkrétně na molekulu železa v hemové části), nazýváme jej jako oxyhemoglobin. V tomto případě se jedná o měření saturace krve kyslíkem. Jeden gram hemoglobinu může vázat 1,34 ml kyslíku. U zbývajících 3 % je kyslík rozpouštěn v plazmě – v tomto případě se měří tzv. parciální tlak. Při úplném nasycení krve kyslíkem může 1 litr krve obsahovat až 200 ml kyslíku. Kyslík a oxid uhličitý prostupují alveolokapilární membránou prostou difuzí (za předpokladu zachování tlakového gradientu). Právě rozdíl v parciálním tlaku je hnací silou difúze. Kyslík difunduje do krve – v odkysličené krvi má menší parciální tlak. Oxid uhličitý má v krvi vyšší parciální tlak – takže uniká z kapilár ven (viz obrázek 11). Jedná se o pomalý, nikterak energeticky náročný proces, který probíhá na celkové ploše 80 m². V plicích se nacházejí i látky, které dokážou snižovat povrchové napětí a brání kolapsu alveolů (udržují rovnoměrné rozpětí a ventilaci plic, brání edému plic). Těmto látkám, se říká surfaktanty. Syntetizují je pneumocyty 2. typu a jsou neustále obměňovány (Hanzlová, Hemza, 2007; Kittnar, 2011; Rokyta, 2015; Schmidt, 1993; Slavíková a Švíglerová, 2012; Šmídková et al., 2003).



Obrázek 11. Výměna plynů mezi alveolem a krví, dostupné na: <https://www.galenus.cz/clanky/biochemie/biochemie-fyziologie-transport-plynu>

3. 1. 5 Mechanika dýchání

Při nádechu (*inspirium*) je nutné, aby byl tlak v alveolech nižší, než je tlak atmosférický. Jedná se o aktivní výkon, kterého se účastní zevní mezižební svaly (*musculi intercostales externi*) společně s bránicí (*diaphragma*). Při nádechu dojde vyklenutí bránice do dutiny břišní a zvednutí hrudníku díky kontrakcím pomocných dýchacích svalů (svaly krku, zad, ...) a vzduch je do plic tažen. Výdech (*exspirium*) je spíše pasivní výkon. Výdechové svaly tvoří břišní svaly a vnitřní mezižební svaly (*musculi intercostales interni*). Svaly břišní stěny vytlačují bránici směrem vzhůru. Dále se při výdechu uplatňuje pružnost hrudní stěny a plic. Při prohloubeném dýchání se kromě výše uvedených svalů zapojují také svaly krku, zad, či svaly pažního pletence; tyto svaly označujeme jako pomocné dýchací svaly. Část nadechnutého vzduchu musí zůstat v dýchacích cestách a nepodílí se tak na výměně plynů. Tato část vzduchu se označuje jako tzv. *mrtvý prostor* (Čihák, 2013; Hanzlová, Hemza, 2007; Šmídková et al., 2003).

3. 1. 6 Onemocnění dýchacího ústrojí

Záněty horních a dolních dýchacích cest

Rýma (*rhinitis*): běžné a velmi časté respirační onemocnění s typickou vodnatou sekrecí a zduřenou sliznicí, způsobeno řadou lehce přenosných virů. Někdy se může k onemocnění přidružit i bakteriální infekce, kdy dochází k hnisavé sekreci (žluté, žlutozelené barvy) (Bártová, 2015; Mačák, 2012).

Zánět hrtanu – laryngitida (*laryngitis*): projevuje se bolestí v krku, chraptím či ztrátou hlasu. Typická je zejména u malých dětí, pro které je i nebezpečná (může vést k epiglottidě - kdy dochází k otoku příklopky hrtanové - a k následnému zadušení). Způsobují ho viry, nebo stafylokoky (Bártová, 2015; Mačák, 2012).

Angína (*tonsillitis*): jedná se o zánět lymfatické tkáně hltanu. Nejčastěji jsou postiženy mandle patrové, či nosní (zejména u dětí). Angína je především bakteriální onemocnění, způsobené převážně streptokoky. Typická je bolest v krku, vysoká horečka a hnisavé povlaky na mandlích (Bártová, 2015).

Chronická obstrukční plicní nemoc CHOPN: je systémové zánětlivé onemocnění charakterizováno trvalou postupující poruchou průchodnosti dolních cest dýchacích. Onemocnění se projevuje kašlem, vykašláváním hlenu, dušností, ... Je silně spjato s kouřením a výskytem škodlivých látek v ovzduší. Má několik stádií, léčí se, ovšem nedá se vyléčit (Bártová, 2015; Klener, 2012; ÚZIS, nedatováno).

Zápal plic (*pneumonia*): je virové, nebo bakteriální onemocnění, které postihuje plicní sklípky. Nemocný má vysokou horečku, kašel a trpí dušností. Zápal plic je nejčastější z respiračních onemocnění, ale i jedna z nezávažnějších onemocnění. Dle průběhu ji dělíme na akutní, chronickou, recidivující a migrující (Bártová, 2015; Klener, 2012; Mačák, 2012).

Tuberkulóza (*tuberculosis*): jedná se o zánět, který je způsoben mikroblem *Mycobacterium tuberculosis*. Onemocnění zasahuje nejčastěji plíce – v tomto případě hovoříme o tuberkulóze plic. Toto onemocnění bylo ve vyspělých zemích díky očkování a antibiotikům potlačeno na minimum, obrovským problémem zůstává především v rozvojových zemích, zejména v Africe a JV Asii, kde je i hlavní příčinou úmrtí u HIV pozitivních pacientů. Nejčastějšími příznaky jsou vyčerpání, horečka, zduření lymfatických uzul, a kašel, s kterým bývá i spojeno vykašlávání krve (Bártová, 2015; Mačák, 2012; Vitalion, 2021).

Sarkoidóza (*sarcoidosis*): u tohoto onemocnění může být zánětem postižena kterákoliv tkáň, nejčastěji však plicní a lymfatická. Jedná se tedy o multisystémové onemocnění podobné tuberkulóze, při kterém dochází ke vzniku tzv. granulomů (vznikají akumulací T-lymfocytů a makrofágů). Většinou dochází k abnormální imunologické reakci na různé antigeny. U tohoto onemocnění, kde je jeho původ dosud nejasný, zřetelně dominují respirační potíže (Kolek, 2012; Mačák, 2012).

Pneumokoniózy

U těchto typů onemocnění dochází k zaprášení plic prachem a k jeho ukládání. Jedná se o častá onemocnění obyvatel žijících ve městech/oblastech, kde je vzduch velmi znečištěn; popřípadě u profesí jako jsou horníci, kameníci, brusiči skel, atd. Nejčastějším typem onemocnění z této skupiny je silikóza, kdy dochází k usazování oxidu křemičitého v plicích (Bártová, 2015).

Nádory dýchacích cest

Karcinom hrtanu – vzniká nejčastěji u mužů (kuřáku a alkoholiků nad 50 let). Záludný je v tom, že se ze začátku nemusí nijak projevovat; prvními symptomy bývají změna hlasu, chrapt, popř. polykací potíže (Bártová, 2015).

Karcinom plic – jedná se o poměrně častý typ maligního nádoru v ČR, postihující především kuřáky – muže nad 50 let. Příznaky, které se často objevují až v pozdějších stádiích, jsou především dlouhotrvající kašel, vykašlávání krve, či záněty plic (Bártová, 2015).

Další onemocnění a patologie dýchacího ústrojí

Průduškové astma, *Asthma bronchiale* – jedná se o stavy záchvatovité dušnosti, stížený výdech, charakterizovaný zvýšenou imunitní odpovědí (zejména) průdušnice na různé stimuly (chemické látky, alergen, ...) (Bártová, 2015; Mačák, 2012).

Plicní edém – označuje otok plíce, kdy dochází k přefiltrování krve do plicních sklípků. Často vzniká selháním levé srdeční komory (akutní infarkt myokardu). Postižený je dušný (především v leže na zádech); další příznaky záleží na typu edému a množství krevní tekutiny v plicích (Vinš, nedatováno; Whitworth, 2019).

Plicní embolie – při tomto stavu dochází k ucpání díky úlomku z krevní sraženiny v plicním řečišti, jedná se o život ohrožující stav (Bártová, 2015).

Rozedma plic – označuje nadměrnou vzdušnost plic. Jedná se o nevratné poškození plicní tkáně (zničení přepážek alveolů) (Mačák, 2012).

Pneumothorax – jedná se o nahromadění vzduchu v dutině hrudní, které způsobuje kolaps plíce s možným stlačením velkých cév. Vzniká nejčastěji při úrazech (Bártová, 2015).

3. 1. 7 Funkční vyšetření plic

Funkční vyšetření plic slouží k odhalení, ke sledování a případnému hodnocení míry poruchy funkce respiračního systému. Provádí se též i jako součást předoperačních vyšetření.

Vyšetřování jsou pacienti od 5 let, horní hranice není nějak zvláště omezena (záleží na spolupráci pacienta a na jeho zdravotním stavu) (Fišerová, 2001; Chlumský a spol., nedatováno).

Jednotlivá vyšetření můžeme dle Fišerové (2001) rozdělit do tří skupin, viz tabulka 4.

Tabulka 4. Metody funkčního vyšetření plic, upraveno dle Fišerové (2001).

Základní – vyhledávací	může provádět praktický lékař	spirometrie, měření vrcholového výdechového průtoku, ...
Základní – rozšířené	může provádět ambulantní alergolog, pneumolog, lékař tělovýchovného lékařství	bronchodylatační a bronchoprovokační testy, pulzní oxymetrie, , ...
Specializované	vyšetření prováděna ve specializovaných laboratořích	spiroergometrie, odpory dýchacích cest, krevní plyny, vyšetření spánkové laboratoře,..

3. 1. 7. 1 Plicní objemy a kapacity

Mezi nejzákladnější funkční vyšetření plic patří metoda spirometrie. „*Spirometrie je fyziologický test měřící objem vzduchu, který pacient vdechuje, či vydechuje, v závislosti na čase*“. (Chlumský a spol., nedatováno) Objem vydechovaného/vdechovaného vzduchu je následně vypočítán pomocí integrace průtokové křivky (Fišerová, 2001; Miller et al., 2005; Slavíková a Švíglerová, 2012).

Metoda spirometrie je neinvazivní metoda využívána při vyšetřeních běžných respiračních příznaků (dušnost, kašel), k odhadům prognóz respiračních onemocnění, při výskytu chemických látek nebezpečných pro plicní tkáň, u systémových chorob postihující plicí (sklerodermie, lupus, revmatoidní artritida, ...), při abnormálním rentgenovém, či poslechovém nálezu, a dalších. Velký význam má i u vyšetření dětí s dýchacími potížemi, nejčastěji astmatem (Fišerová, 2001; Chlumský a spol., nedatováno).

Z křivky u spirometrického záznamu lze vidět parametry, které se dělí na statické (zahrnující čtyři plicní objemy a čtyři plicní kapacity) a dynamické (tři plicní kapacity).

Hodnoty bývají rozdílné v závislosti na pohlaví (u žen jsou o 20–25 % nižší), věku, hmotnosti, kondici a zdravotním stavu pacienta (Fišerová, 2001; Slavíková a Švíglerová, 2012).

3. 1. 7. 2 Statické plicní objemy a kapacity

1. **Dechový objem** (V_T): objem vzduchu vdechnutého, jedním klidovým nádechem. Má hodnotu 0,5 L (Slavíková a Švíglerová, 2012).

2. **Inspirační rezervní objem** (IRV): maximální objem vzduchu, který lze vdechnout, po klidovém nádechu, jedná se cca o 2,5 L (=vzduch, který je navíc, při maximálním nádechu) (Slavíková a Švíglerová, 2012).

3. **Expirační rezervní objem** (ERV): maximální objem vzduchu, který lze vydechnout, po klidovém výdechu, jedná se cca o 1,5 L (Slavíková a Švíglerová, 2012).

4. **Reziduální objem** (RV): objem vzduchu, který zůstává v plicích, po maximálním výdechu, cca 1,5 L (Šmídková et al., 2003).

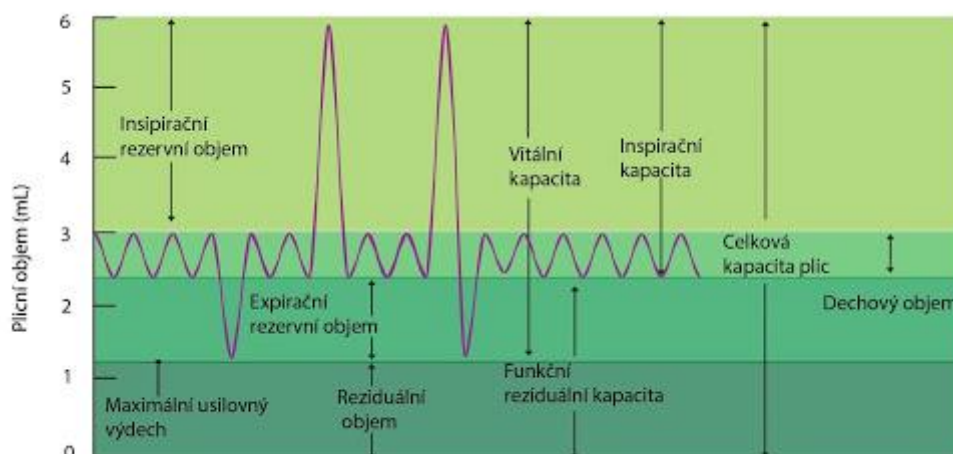
Objemy dále tvoří tzv. statické kapacity (součty objemů = kapacity):

a. **Inspirační kapacita** (IC): zahrnuje dechový a inspirační rezervní objem, rovná se objemu vzduchu maximálního nádechu po klidném výdechu, činí cca 3,5–3,8 L (Šmídková et al., 2003; Slavíková a Švíglerová, 2012).

b. **Funkční reziduální kapacita** (FRC): zahrnuje expirační rezervní a reziduální objem. Jedná se o objem vzduchu zůstávající v plicích na konci klidového výdechu (Šmídková et al., 2003; Slavíková a Švíglerová, 2012).

c. **Vitální kapacita** (VC): zahrnuje objem vzduchu vydechnutého maximálním úsilím po předchozím maximálním nádechu, činí cca 4,5–4,8 L. Zahrnuje tedy dechový objem, inspirační rezervní a expirační rezervní objem (Šmídková et al., 2003; Slavíková a Švíglerová, 2012).

d. **Celková plicní kapacita** (TLC): Zahrnuje všechny objemy – jak vitální kapacitu, tak i reziduální objem, činí cca 6 L (Slavíková a Švíglerová, 2012).



Obrázek 12. Statické plicní objemy, kapacity a jejich objem v litrech, dostupné na: <http://fbt.cz/skripta/vi-dychaci-soustava/2-mechanika-dychani/>

3. 1. 7. 3 Dynamické plicní kapacity

a. **Usilovná vitální kapacita (FVC):** jedná se o objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po předchozím usilovném nádechu, činí cca 5 L (Kittnar, 2011; Slavíková a Švíglerová, 2012).

b. **Vrcholový průtok vzduchu (PEF):** jedná se o maximální výdechový proud vzduchu, který následuje po maximálním nádechu. Jeho hraniční hodnota je cca 160 L/min (Kittnar, 2011).

c. **Jednosekundová vitální kapacita (FEV₁):** jedná se o objem vzduchu, který lze vydechnout maximálním úsilím v době trvání jedné sekundy po předchozím maximálním nádechu. Činí cca 4 L (Kittnar, 2011, Šmídková et al., 2003).

Dále je možné ze spirometrického záznamu stanovit:

Frekvenci dýchání (dF) – počet vdechů/výdechů za minutu (Slavíková a Švíglerová, 2012).

Minutovou ventilaci plic (V_E) – množství vzduchu, které vdechneme, či vydechneme za jednu minutu při klidném dýchání (Slavíková a Švíglerová, 2012).

Tiffeneauv index je podíl FEV₁ a VC, udává se v % (u zdravých jedinců by hodnota měla dosahovat okolo 80%). Pomáhá při stanovení diagnózy u restričních (plicní edém, fibróza plic, ...) a obstrukčních (astma, cystická fibróza, ...) vad (Fellnerová a Bezdíček, 2014).

3. 1. 8 Vztah spirometrie a tělesného složení

Spirometrický test je jeden ze základních testů pro diagnostiku a hodnocení plicních funkcí, nebo plicních onemocnění, jako je např. chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) a astma (Park et al., 2012). Protože věk, tělesná hmotnost, výška a pohlaví jsou výrazně spojeny s plicními funkcemi (PF), používá se multifaktoriální regresní model pro výpočet predikovaných normálních hodnot u testů plicních funkcí. Korelace mezi složením těla (body composition, BC), jako je BMI, BFM, FFM, nebo LBM a plicními funkcemi byla studována po mnoho let. Výsledky studií korelace se však navzájem liší (Park et al., 2012).

Obezita a nadváha patří mezi celosvětově rostoucí rizikové faktory (Finucane et al., 2011; Melo et al., 2014). Mnoho studií naznačuje, že tyto faktory snižují plicní funkce, dokonce i u zdravých jedinců (Littleton, 2012; Melo et al., 2014; Parameswaran et al., 2006). Systematické review autorů Tenorio et al. (2012) ukazuje, že děti s nadváhou a obezitou dosahují ve srovnání se zdravými dětmi nižší usilovné vitální kapacity (FVC), nižší jednosekundové vitální kapacity (FEV1) a nižšího poměru FEV1 / FVC. Tato zjištění pravděpodobně souvisejí se změnou polohy bránice v důsledku vyššího množství tukové hmoty a se změnami mechaniky dýchání. Tělesný tuk tak může zatěžovat hrudní koš a bránit bránici efektivně plnit svou funkci (Scott et al., 2012).

I když existují studie o vlivu tělesného složení na plicní funkce, stále existuje mnoho otázek, týkajících se úlohy tukuprosté, nebo štíhlé tělesné hmoty, která se jeví jako vhodná pro funkci plic, z důvodu její korelace se silou dýchacích svalů (Park et al., 2012; Sutherland et al., 2008). Chybí však více studií u zdravých dospívajících jedinců.

3. CÍLE

Hlavním cílem této studie je posouzení parametrů tělesného složení a parametrů spirometrie na základě jejich měření u zdravých adolescentů a posoudit vztah tělesného složení s naměřenými parametry spirometrie.

Mezi dílčí cíle jsme zařadili:

- 1) analýzu vybraných parametrů tělesného složení u chlapců a dívek.
- 2) analýzu vybraných parametrů spirometrie u chlapců a dívek.
- 3) posouzení asociací mezi celotělovým tělesným složením a spirometrií bez matoucích proměnných u chlapců a dívek.
- 4) posouzení asociací mezi tělesným složením na regionální úrovni a spirometrií bez matoucích proměnných u chlapců a dívek.
- 5) částečně vyhodnotit dotazníkové šetření.

4. METODIKA PRÁCE

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Tato průřezová studie byla prováděna u chlapců a dívek ve věku 15–19 let navštěvující Střední průmyslovou školu strojnickou v Olomouci. Studie byla schválena Etickou komisí Univerzity Palackého v Olomouci. Všichni zákonní zástupci účastníků podepsali prohlášení Informovaného souhlasu. Měření probíhalo v lednu 2019 a v únoru 2020 celkem u 399 chlapců a 28 dívek (převážně nekuřáků; $n = 371$) v laboratorních podmínkách a v následujícím sledu: 1. – měření tělesného složení pomocí bioelektrické impedanční analýzy (BIA) (Tanita® MC 980-MA Plus, Tanita Corporation, Tokio, Japonsko), 2. – měření usilovné vitální kapacity plic (FVC, L), usilovného vydechnutého objemu za 1 sekundu (FEV1, L/s) a dalších parametrů spirometrie (Direct MicroGP Spirometer MS07, Lewiston ME, USA). Apendikulární štíhlá tělesná hmota (ALM, v kg) byla stanovena součtem měřících hodnot štíhlé tělesné hmoty pro horní a dolní končetiny. Probandi byli měřeni naboso a v lehkém oděvu pro přesné měření tělesného složení. Tělesná výška byla stanovena pomocí antropometru A-226 (Trystom Ltd., Olomouc, Česká republika).



Obrázek 13. Tanita® MC 980-MA Plus, Direct MicroGP Spirometer, dostupné na: <https://osobni-vahy.heureka.cz/tanita-mc-980-ma-plus/><https://4medtech.com/shop/spirometers/in2itive-2/>

4.2 Měření tělesného složení

Multifrekvenční bioelektrická analýza (MFBIA) využívá impedanci šesti různých frekvencí (1 kHz, 5 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 000 kHz) a reaktanci se třemi různými frekvencemi (5, 50, 250 kHz) pro každý z pěti segmentů těla (trup, paže a nohy) nezávisle na

sobě. Elektrická impedance se skládá ze dvou složek: reaktance – měřící hmotu tělesných buněk, a resistenci – měřící celkovou tělesnou vodu (Beaudart et al., 2020).

Zařízení nabízí osmi bodové dotykové elektrody (dvě jsou umístěny na dlani a palci ruky, další dvě na předním a zadním segmentu nohy). Zhruba 30sekundové měření bylo provedeno naboso v lehkém oblečení bez kovových předmětů. Přímá segmentální multifrekvenční bioelektrická impedanční analýza (DSM-BIA) je platným nástrojem pro hodnocení složení celého těla a složení segmentů těla.

Před vlastním vyšetřením absolvoval proband (student/studentka) krátkou instruktáž (vysvětlení základních pravidel nutných pro validní průběh měření). Dále byl zařazen do databáze, ve které byly uvedeny jeho personálie (jméno, příjmení, pohlaví a datum narození) a základní antropometrické charakteristiky (tělesná hmotnost, tělesná výška). Taktéž získal své osobní identifikační číslo, které zabezpečilo jeho anonymitu při zpracování a interpretaci výsledků. Proband následně podstoupil měření tělesného složení pomocí multifrekvenčního přístroje Tanita MC-980 MA Plus.

Standardní podmínky pro přesnost měření na přístroji Tanita MC-980 MA Plus:

- měří se na bosu, v lehkém oděvu;
- nejméně 2 hodiny před měřením je doporučeno jíst pouze lehce stravitelná jídla v malém množství;
- neprovádět pohybovou aktivitu vysoké intenzity těsně před měřením;
- před měřením je doporučeno zajít na toaletu;
- před měřením se není vhodné sprchovat;
- je potřeba odložit si před měřením všechny kovové předměty a předměty jako jsou mobil, klíče, šperky, kovový opasek...
- měření nesmí podstoupit osoby s kardiostimulátorem a měření není doporučováno těhotným ženám.

Součástí výzkumu byl i krátký dotazník o aktivitě či nemocích, které by mohly ovlivnit vlastní měření (viz kapitola přílohy). Při měření byly dodržovány hygienické podmínky, a to za použití dezinfekčních ubrousků či dezinfikovaných náustků.

4.3 Měření spirometrie

Měření spirometrie následovalo ihned po měření tělesného složení. Dodrženy byly všechny postupy doporučené dle *American Thoracic Society/European Respiratory Society* se zaměřením na tři přijatelná měření s maximální variací 150 ml mezi dvěma nejlepšími hodnotami FVC a FEV1. Studenti, kteří měli v anamnéze hypertenzi, cukrovku, srdeční choroby a onemocnění dýchacích cest, jako jsou akutní respirační infekce, tuberkulóza, astma, plicní fibróza a CHOPN, byli z této studie vyloučeni.

BMI index neumožňuje posoudit variabilitu a změny u tělesného složení (BFM a FFM). Z tohoto důvodu jsme využili také index tukové hmoty (BFMI) a index tukuprosté hmoty (FFMI) pro posouzení objektivnějších zdravotních rizik, jejichž klasifikace je založena na studii Kyle et al. (2003).

4.3 Statistická analýza

Popisná statistika výsledných měření je uvedena jako průměr a standardní odchylka. Normalita rozložení dat byla hodnocena Shapiro-Wilkův testem. Pro posouzení vztahu parametrů tělesného složení a spirometrie jsme použili parciální korelace a vícenásobné lineární regresní analýzy, která byla upravena o potenciální matoucí proměnné. Model 1 představuje explorativní (neupravený) model, který nezohledňuje možný vliv matoucích proměnných v závislosti na složení těla. Model 2 byl upraven podle věku, tělesné výšky a tělesné hmotnosti. Model 3 byl upraven pro model 2 a kouření, aby se zjistilo, zda vztah mezi spirometrickými indikátory a prediktory (složení těla), jsou nezávislé na kouření. Statistická významnost byla stanovena na hladině $p < 0,05$ nebo $p < 0,01$. Pro dokončení všech analýz byl použit software Statistica verze 13.4 (TIBCO Software Inc.).

5. VÝSLEDKY

Tabulka 5 zobrazuje základní deskriptivní data zúčastněných chlapců a dívek. Průměrná výška činila $179,5 \pm 6,2$ cm u chlapců a $166,9 \pm 7,4$ cm u dívek. Podle referencí WHO (de Onis et al., 2007) pro BMI u dospívajících bylo 12 chlapců s podváhou, 288 v normálním rozmezí BMI, 53 s nadváhou a 46 obézních. Dále jsme zaznamenali 1 dívku s podváhou, 22 dívek v normálním rozmezí BMI a 5 dívek obézních (data neuvedena). FFMI (index tukuprosté hmoty) a BFMI (index tukové hmoty) vykazoval normální (zdravé) hodnoty u chlapců i dívek (Kyle et al., 2003). Průměrné hodnoty tělesného složení a spirometrických parametrů v závislosti na pohlaví můžeme vidět v tabulce 5.

Tabulka 5. Deskriptivní data

	Chlapci (n = 399)		Dívky (n = 28)	
	průměr	SD	průměr	SD
věk	16,7	1,3	17,1	1,4
výška (cm)	179,5	6,2	166,9	7,4
Tělesné složení				
tělesná hmotnost (kg)	72,6	12,7	62,7	10,4
BMI (kg/m^2)	22,5	3,7	22,5	3,6
BFM (kg)	13,0	6,3	17,4	6,2
BFM (%)	17,2	5,2	27,0	5,4
BFMI (kg/m^2)	4,0	2,0	6,3	2,3
FFM (kg)	59,6	7,6	45,3	5,1
FFMI (kg/m^2)	18,5	2,0	16,3	1,6
LBM (kg)	56,6	7,2	43,0	4,8
ALM (kg)	25,7	3,8	17,9	2,4
BMC (kg)	3,0	0,3	2,3	0,3
Spirometrie				
FVC (L)	4,9	0,8	3,7	0,7
FEV ₁ (L/sec)	4,3	0,6	3,4	0,6
PEF (L/min)	443,6	102,3	351,3	84,9

BFM – tuková hmota, BFMI – index tukové hmoty, FFM – tukuprostá hmota, FFMI – index tukuprosté hmoty, LBM – štíhlá tělesná hmota, ALM – apendikulární štíhlá tělesná hmota, BMC – obsah kostního minerálu, FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – jednosekundová vitální kapacita, PEF – vrcholový průtok vzduchu

Tabulka 6. Několikanásobná lineární regrese mezi antropometrickými údaji, složením těla a parametry spirometrie

	Chlapci (n = 399)				Dívky (n = 28)			
	FVC (L)		FEV ₁ (L/s)		FVC (L)		FEV ₁ (L/s)	
	R ²	p	R ²	p	R ²	p	R ²	p
věk	0,10	<0,01	0,02	<0,01	0,18	0,02	0,23	<0,01
výška (cm)	0,23	<0,01	0,20	<0,01	0,17	0,03	0,13	0,06
tělesná hmotnost (kg)	0,18	<0,01	0,10	<0,01	0,14	0,05	0,10	0,10
BMI (kg/m ²)	0,07	<0,01	0,02	<0,01	0,03	0,37	0,02	0,44
BFM (kg)	0,06	<0,01	0,03	<0,01	0,08	0,16	0,06	0,22
FFM (kg)	0,27	<0,01	0,15	<0,01	0,19	0,02	0,13	0,06
LBM (kg)	0,27	<0,01	0,15	<0,01	0,19	0,02	0,13	0,06
ALM (kg)	0,24	<0,01	0,12	<0,01	0,15	0,04	0,10	0,10

BFM – tuková hmota, FFM – tukuprostá hmota, LBM – štíhlá tělesná hmota, ALM – apendikulární štíhlá tělesná hmota, FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – jednosekundová vitální kapacita

Tabulka 6 ukazuje regresní modely proměnných s asociativním podílem tělesného složení na parametry spirometrie. Spirometrické proměnné (zejména FVC) byly u chlapců ovlivněny především tělesnou výškou ($R^2 = 0,23$; $p < 0,01$) a tukuprostou hmotou, nebo štíhlou tělesnou hmotou ($R^2 = 0,27$; $p < 0,01$). Lineární regrese u dívek prokázala, že variabilitu FVC může ovlivňovat tělesná výška ($R^2 = 0,17$; $p < 0,01$) a tukuprostá hmota/štíhlá tělesná hmota ($R^2 = 0,19$, $p < 0,01$).

Regionální parciální korelace mezi spirometrií a tělesným složením chlapců a dívek jsou uvedeny v tabulce 7. U obou pohlaví existují negativní asociace spirometrických parametrů s regionální tukovou hmotou a pozitivní asociace regionální tukuprostou hmotou. Hmota tělesného tuku nebo tukuprostá hmota v horní polovině těla ovlivňuje plicní funkci více než v dolní polovině těla.

Tabulka 7. Parciální korelace mezi parametry spirometrie a vybranými parametry tělesného složení

	Tuková hmota trupu (kg)	Tuková hmota HK (kg)	Tuková hmota DK (kg)	Tukuprostá hmota trupu (kg)	Tukuprostá hmota HK (kg)	Tukuprostá hmota DK (kg)
Chlapci (n = 399)						
FVC (L)	-0,16**	-0,15*	-0,08	0,18**	0,08	0,07
FEV ₁ (L/s)	-0,07	-0,07	-0,02	0,10	0,01	0,01
PEF (L/min)	-0,07	-0,12*	-0,02	0,10	0,06	0,01
Dívky (n = 28)						
FVC (L)	-0,51*	-0,26	-0,42	0,56*	0,49*	0,23
FEV ₁ (L/s)	-0,37	-0,37	-0,42	0,46*	0,43	0,24
PEF (L/min)	-0,04	-0,13	0,05	0,11	0,13	-0,05

Data jsou uvedena jako parciální korelace pro proměnné odvozené od BIA a upravené pro věk, tělesnou výšku a tělesnou hmotnost.

HK – horní končetina, DK – dolní končetina, FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – jednosekundová vitální kapacita, PEF – vrcholový průtok vzduchu.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Adjustované a neadjustované asociace spirometrických proměnných s vybranými proměnnými tělesného složení jsou uvedeny v tabulce 8 a tabulce 9. Významné asociace proměnných u chlapců ($\beta = 0.52-0.53$; $p < 0.01$;) a dívek ($\beta = 0.44-0.47$; $p = < 0.02$;) byly nalezeny mezi FVC a tukuprostou hmotou či štíhlou tělesnou hmotou v oblasti trupu v neadjustovaném modelu 1. Tento vztah se u chlapců v závislosti na věku, tělesné výšce, tělesné hmotnosti a kouření (všechny $\beta = 0,35-0,43$; $p = 0,01$;) oslabil. Kromě toho existuje významná negativní souvislost mezi FVC a hmotností tělesného tuku v adjustovaném modelu 2 a modelu 3 (všechny $\beta = -0,29$ až $-0,20$) ve srovnání s neupraveným modelem 1 ($\beta = 0,24$) u dospívajících chlapců. U dívek výsledky ukazují podobný trend, ale bez statistické významnosti. Po úpravě modelu 3 (upraveno pro pohlaví místo kouření) nám výsledky ukázaly podobný trend – negativní asociaci FVC s tukovou hmotou a pozitivní asociaci s tukuprostou hmotou se statistickou významností (data nejsou uvedena).

Tabulka 8. Vztah mezi parametry spirometrie a parametry tělesného složení u chlapců a dívek

	Chlapci (n = 399)						Dívky (n = 28)					
	BFM (kg)			FFM (kg)			BFM (kg)			FFM (kg)		
	β	(95% CI)	p	β	(95% CI)	p	β	(95% CI)	p	β	(95% CI)	p
FVC (L)												
Model 1	0,24	(0,14; 0,33)	<0,01	0,52	(0,43; 0,61)	<0,01	0,28	(-0,11; 0,66)	0,16	0,44	(0,08; 0,80)	0,02
Model 2	-0,29	(-0,52; -0,06)	0,01	0,35	(0,08; 0,63)	0,01	-0,62	(-1,87; 0,62)	0,31	0,52	(-0,51; 1,55)	0,31
Model 3	-0,29	(-0,52; -0,06)	0,01	0,35	(0,07; 0,63)	0,01	-0,72	(-2,10; 0,66)	0,29	0,60	(-0,54; 1,74)	0,29
FEV₁ (L/sec)												
Model 1	0,17	(0,08; 0,27)	<0,01	0,38	(0,29; 0,47)	<0,01	0,24	(-0,15; 0,63)	0,22	0,36	(-0,02; 0,73)	0,06
Model 2	-0,13	(-0,38; 0,12)	0,31	0,16	(-0,15; 0,46)	0,31	-0,50	(-1,77; 0,76)	0,42	0,42	(-0,63; 1,46)	0,42
Model 3	-0,13	(-0,38; 0,12)	0,30	0,16	(-0,14; 0,46)	0,30	-0,54	(-1,95; 0,87)	0,43	0,45	(-0,71; 1,61)	0,43

Model 1 – neupravený model

Model 2 – upravený pro věk, tělesnou výšku a tělesnou hmotnost

Model 3 – upravený pro Model 2 a kouření

β – standardizovaný regresní koeficient, CI – interval spolehlivosti, BFM – tuková hmota, FFM – tukuprostá hmota FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – jednosekundová vitální kapacita

Tabulka 9. Vztah mezi parametry spirometrie a parametry regionálního tělesného složení u chlapců a dívek

	Chlapci (n = 399)						Dívky (n= 28)					
	BFM trupu (kg)			FFM trupu (kg)			BFM trupu (kg)			FFM trupu (kg)		
	β	(95% CI)	<i>p</i>	β	(95% CI)	<i>p</i>	β	(95% CI)	<i>p</i>	β	(95% CI)	<i>p</i>
FVC (L)												
Model 1	0,29	(0,19; 0,38)	<0,01	0,53	(0,44; 0,61)	<0,01	0,27	(-0,12; 0,66)	0,17	0,47	(0,12; 0,83)	0,01
Model 2	-0,20	(-0,39; -0,01)	<0,05	0,43	(0,20; 0,66)	<0,01	-0,54	(-1,67; 0,59)	0,33	0,46	(-0,63; 1,55)	0,39
Model 3	-0,20	(-0,39; -0,01)	<0,05	0,43	(0,20; 0,66)	<0,01	-0,58	(1,79; 0,62)	0,33	0,50	(-0,67; 1,67)	0,39
FEV₁ (L/sec)												
Model 1	0,19	(0,10; 0,29)	<0,01	0,40	(0,31; 0,49)	<0,01	0,24	(-0,15; 0,63)	0,22	0,39	(0,02; 0,76)	<0,05
Model 2	-0,07	(-0,28; 0,14)	0,51	0,25	(-0,01; 0,50)	0,06	-0,29	(-1,44; 0,86)	0,61	0,28	(-0,83; 1,39)	0,61
Model 3	-0,08	(-0,28; 0,13)	0,48	0,26	(0,01; 0,51)	<0,05	-0,29	(-1,52; 0,95)	0,63	0,28	(-0,92; 1,47)	0,64

Model 1 – neupravený model

Model 2 – upravený pro věk, tělesnou výšku a tělesnou hmotnost

Model 3 – upravený pro Model 2 a kouření

β – standardizovaný regresní koeficient, CI – interval spolehlivosti, BFM – tuková hmota, FFM – tukuprostá hmota FVC – usilovná vitální kapacita, FEV₁ – jednosekundová vitální kapacita

6. DISKUZE

V diplomové práci jsme zkoumali vztah mezi tělesným složením a plicními funkcemi u zdravých adolescentů.

Abnormality funkce plic jsou dobře pozorovány u obézních adolescentů, u kterých se projevuje pokles v objemu vydechovaného vzduchu (Littleton, 2012; Melo et al., 2014). Scott et al. (2012) ukazuje na nepřímou asociaci mezi množstvím tělesného tuku a FVC u obézních dětí, či dětí s astmatem. Oproti tomu několik studií zahrnující dětskou populaci nabízí protichůdné výsledky (Sood, 2010).

Spathopoulos et al. (2009) uvádí, že zvýšené BMI u dětí by mělo být považováno za důležitý určující faktor při snížení proměnných u spirometrie. I když FVC a FEV₁ byly významně nižší u dětí mužského pohlaví s obezitou, všechny děti trpící obezitou ve studii Branco et al. (2016) měly proměnné spirometrie v rámci normálu (normálních hodnot), což neukazuje na dýchací potíže, která by se dala charakterizovat jako možný nepříznivý stav plic anebo problémy (onemocnění) dýchacích cest.

Zjistili jsme, že tukuprostá hmota nebo štíhlá tělesná hmota jsou lépe asociovány s plicními funkcemi než tuková hmota u obou pohlaví. Pozorovali jsme negativní spojení mezi FVC a tukovou hmotou po adjustaci matoucích proměnných, jež demonstruje i de Oliveira et al. (2016) a Scott et al. (2012). Sutherland et al. (2014) uvádí, že respirační funkce byly negativně spojovány se štíhlou tělesnou hmotou u žen, ale pozitivně u mužů. Podle Maiolo et al. (2003) vzájemná korelace mezi FVC a BMI, nebo tukovou hmotou je významnější, než mezi FEV₁ a BMI nebo tukovou hmotou, jak je dokázáno i našimi výsledky. Průměrné hodnoty FVC a FEV₁ byly lehce vyšší u našich probandů (15–19 let), než u 18letých ve studii de Oliveira et al. (2016).

Veldhuis et al. (2005) uvádí, že nárůst svalové hmoty je během puberty vyšší u chlapců než u dívek a to může vysvětlovat méně asociací mezi štíhlou tělesnou hmotou a parametry spirometrie u dívek (Veldhuis et al., 2005). V naší studii jsme zaznamenali stejné výsledky.

Předešlé studie ukazují, že regionální distribuce tělesného složení může být důležitá pro respirační funkce jak u dospělých, tak u zdravých dětí či astmatiků. U dospělých byla

celková a regionální tuková hmota negativně spojována s dynamickou a statickou funkcí plic, s evidentními rozdíly v asociaci mezi muži a ženami (Scott et al., 2012; Jensen et al., 2014). Toto je potvrzeno i naší studií.

V této diplomové práci vícenásobná regresní analýza odhalila, že antropometrické proměnné a tělesné složení vysvětluje až 27% vliv na proměnné spirometrie u chlapců a až 19% vliv na spirometrii u děvčat. Costa et al. (2016) uvádí hodnoty 10-56 % pro antropometrické indikátory a tělesné složení. Takové výsledky se shodují s daty popsány v Boran et al. (2007).

Parciální korelace segmentální tukové hmoty, jako třeba trup, horní končetiny a dolní končetiny u chlapců ukazují významné a negativní asociace s FVC ($r = -0,16$; $-0,15$; $-0,08$), v tomto pořadí.

Silnější negativní asociace ($r = -0,51$; $r = -0,26$; $r = -0,42$) oproti chlapcům ukazuje měření dívek ve stejných segmentech těla. Sutherland et al. (2008) udává parciální korelace trupu s FVC ($r = -0,35$ a $r = -0,36$) u chlapců a dívek v tomto pořadí. Pozitivní asociace nalézáme u daných segmentů tukuprosté hmoty a FVC u obou pohlaví ($r = 0,07-0,18$ u chlapců a $r = 0,23-0,56$ u dívek).

Metoda bioimpedance může být považována za limitující v této studii, avšak na rozdíl do DXA metody, tělo není vystavené žádné radiaci a může se opakovat v jakýchkoliv časových intervalech. Navíc bioimpedance vykazuje vyšší platnost, zvláště u obézních jedinců (Faria et al., 2014). Ve srovnání s DXA, nově vyvinuté analyzátory bioelektrické impedance poskytují uspokojivé výsledky měření tukové a štíhlé tělesné hmoty u zdravých mladých žen a mužů, navzdory úrovni jejich fyzické aktivity (Sutherland, 2014). Za limity studie také považujeme nižší počet dívek.

Domníváme se, že během dospívání hraje tuková hmota menší roli i v plicních funkcích, a to převážně u chlapců. Ve věku od 15–19 let se objevuje významná změna v tělesném složení – to znamená signifikantní ($p < 0,01$) nárůst svalové hmoty, jak je zdokumentováno v našich výsledcích (data neuvedena), a vliv tukové tkáně se s věkem stává zanedbatelným, či spíše nevhodným.

Závěrem lze říci, že vyšší podíl tukuprosté hmoty zvyšuje spirometrické parametry, a naopak tuková hmota ukazuje negativní spojení s FCV a FEV₁. Tělesná výška vysvětluje až 23 % variability FCV a tukuprostá hmota až 27 % v lineárním regresním modelu. Existuje zde

prostor pro navýšení počtu dívek v tomto měření a pro měření zdravých jedinců, nejenom astmatických a obézních adolescentů.

7. ZÁVĚR

Součástí teoretické části diplomové práce je rešerše literatury na téma tělesné složení dýchací soustava. V oblasti tělesného složení se věnuje jednotlivým strukturám tělesného složení, modelům, výpočtům, metodám měření (bioimpedance, DXA, CT,...) onemocněními, mající souvislost s tělesným složením. U části dýchací soustavy jsou popsány jednotlivé části a jejich funkce, dále řízení dýchání, fyziologie dýchání, mechanika dýchání, onemocnění dýchací soustavy a spirometrické měření.

Mimo rešerši si diplomová práce kladla za cíl analýzu vybraných parametrů tělesného složení u chlapců a dívek. Druhým cílem byla analýza vybraných parametrů spirometrie chlapců a dívek čili posouzení FVC (L), FEV₁ (L)/sec a PEF (L/min). Z výsledků lineární regrese je patrný 23% vliv tělesné výšky, a 27% vliv tukuprosté hmoty na FVC u chlapců. dívek jsou hodnoty nižší. Pro posouzení asociací mezi regionálním tělesným složením spirometrií u chlapců a dívek jsme využili parciální korelace. Ve výsledcích jsme dospěli k závěru, že především tělesný tuk trupu signifikantně a negativně ovlivňuje parametry spirometrie, a naopak tukuprostá hmota vykazuje pozitivní vliv z hlediska hodnot spirometrie. Posledním cílem bylo posouzení asociací mezi tělesným složením a spirometrií v rámci celého těla či na regionální úrovni bez vlivu matoucích proměnných u chlapců a dívek. Z těchto výsledků se opět domníváme, i že čím vyšší jsou hodnoty FFM, tím vyšší jsou hodnoty FVC. U Modelů 2 s adjustací matoucích proměnných byla asociace uvedená zeslabena. Naopak jsme pozorovali negativní souvislost mezi FVC a hmotností tělesného tuku. Z jednoduché korelace (Model 1) sledujeme u mladších chlapců dokonce pozitivní vztah mezi tukovou hmotou a vitální kapacitou pravděpodobně z toho důvodu, že svalová hmota má vyšší vliv na spirometrické parametry až v pozdějším věku. Toto období je totiž výrazně ovlivněno změnami v tělesném složení a jejich vliv na spirometrii může být matoucí.

Spirometrické měření patří k základním vyšetřením v medicíně – zejména v plicních a alergologických ambulancích. Poskytuje relativně rychlé a přesné údaje o pacientových plicních funkcích. Co se týče tělesného složení, některé metody měření (MRI, CT) mají dobré výsledky, ovšem jsou zde určitá negativa – drahé a málo přístupné, popřípadě škodlivé rtg záření. V měření tělesného složení je osvědčena metoda bioimpedance, která vykazuje vyšší spolehlivost, zejména u obézních jedinců. Právě nadváha a obezita představují problém nejen ve vyspělých, ale i v některých středně rozvíjících se zemích (např. Brazílie, Mexiko, Indie,

...). Jedná se o velmi komplexní problém, za jehož příčiny můžeme označit zvýšenou konzumaci nezdravých jídel, málo pohybu, zvyšující se životní úroveň, nedostatek času na konzumaci (fast foody), a další. Ovšem to nic nemění na tom, že kromě zvyšujícího se množství míry obezity ve světě, země třetího světa trápí bohužel i podvýživa.

Za limity studie považujeme nižší počet změřených dívek (který je dán zejména typem dané střední školy), možné nepravdivé vyplnění dotazníků, taktéž se jednalo převážně o aktivní populaci – minimalizace obézních jedinců, či adolescentů s nadváhou; bioimpedanční metodu a mimo jiné i covid-19 pandemií.

Z didaktického hlediska je možné téma diplomové práce buď to ponechat v celém znění a ukázat na určité spojitosti u obou témat, nebo rozdělit na jednotlivé části a věnovat se jim zvlášť. Zde je rozhodující typ školy, časové možnosti, typ hodiny (kroužek, seminář vs. klasická výuka) a samotní žáci, jejich znalosti a priority (např. ohledně dalšího studia na vysoké škole). V případě vybrání daného tématu je možné využít přiložený pracovní list, ovšem s nutným dalším výkladem učitele, popř. prezentací.

8. REFERENČNÍ SEZNAM

- BÁRTOVÁ, J. *Přehled patologie*. Praha: Univerzita Karlova v Praze - Nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2745-8.
- BEAUDART C., BRUYERE O., GEERINCK A., HAJAOUI M., SCAFOGLIERI A., PERKISAS S., et al. Equation models developed with bioelectric impedance analysis tools to assess muscle mass: A systematic review. *Clinical nutrition ESPEN*. 2020;35:47-62.
- BORAN P., TOKUC G., PISGIN B., et al. Impact of obesity on ventilatory function. *Jornal de pediatria*. 2007 Mar-Apr;83(2):171-6. doi: 10.2223/JPED.1609. PubMed PMID: 17426872.
- BORGA, M., WEST, J., BELL, J. D. et al.: Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling [online]. *Journal of Investigative Medicine*, 2018 Volume 66., dostupné na: <https://jim.bmj.com/content/66/5/1.10>
- BRANCO M, SANTOS-ROCHA R, VIEIRA F, et al. Influence of Body Composition on Gait Kinetics throughout Pregnancy and Postpartum Period. *Scientifica*. 2016;2016:3921536. doi: 10.1155/2016/3921536. PubMed PMID: 27073713; PubMed Central PMCID: PMC4814704.
- ČIHÁK, R. *Anatomie 2. 3.*, uprav. a doplň. vyd. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4788-0.
- ČIHÁK, R. *Anatomie 3.* Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3.

- COSTA JUNIOR D., PEIXOTO-SOUZA F.S., ARAUJO P.N., et al. Influence of Body Composition on Lung Function and Respiratory Muscle Strength in Children With Obesity. *Journal of clinical medicine research*. 2016 Feb;8(2):105-10. doi: 10.14740/jocmr2382w. PubMed PMID: 26767078; PubMed Central PMCID: PMC4701065.
- DE ONIS M., ONYANGO A.W., BORGHI E., et al. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007 Sep;85(9):660-7. PubMed PMID: 18026621; PubMed Central PMCID: PMC2636412.
- DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- DYLEVSKÝ, I. *Somatologie*. 3. Praha: Grada, 2019. ISBN 978-80-271-2673-6.
- DYLEVSKÝ, I. *Základy funkční anatomie*. Olomouc: Poznání, 2011. ISBN 978-80-87419-06-9.
- FARIA S.L., FARIA O.P., CARDEAL M.D., et al. Validation study of multi-frequency bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry among obese patients. *Obes Surg*. 2014 Sep;24(9):1476-80. doi: 10.1007/s11695-014-1190-5. PubMed PMID: 24464546.
- FELLNEROVÁ I., BEZDÍČEK J. (2014): *Praktická cvičení z fyziologie člověka a živočichů*. Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci (ISBN 978-80-244-3994-5).
- FIALA, P., VALENTA, J., EBERLOVÁ, L. *Stručná anatomie člověka*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2693-2.

- FINUCANE M.M., STEVENS G.A., COWAN M.J., et al. National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet*. 2011 Feb 12;377(9765):557-67. doi: 10.1016/S0140-6736(10)62037-5. PubMed PMID: 21295846; PubMed Central PMCID: PMC4472365.
- FIŠEROVÁ, J. *Doporučené postupy pro praktické lékaře: Základní a specializovaná funkční vyšetření plic*. ČLS, 2001 [online]. [Cit. 2021-02-21]. Dostupné z: www.cls.cz/dokumenty2/os/r088.rtf
- GÁBA, A. *Hodnocení tělesného složení ve vztahu k pohybové aktivitě u žen ve věku 55-84 let*. Katedra funkční antropologie a fyziologie; Fakulta tělesné kultury UP, 2011. Dizertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Jarmila Riegerová. Str. 34, 48.
- GIORDANO, A., SMORLESI, A., FRONTINI, A., BARBATELLI, G., CINTI, S., 2014. *White, brown and pink adipocytes: the extraordinary plasticity of the adipose organ*. *Eur. J. Endocrinol.* 170, 159–171. [Cit. 2021-06-30]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24468979/>
- GRAHAM B.L., STEENBRUGGEN I., MILLER M.R., et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST. PubMed PMID: 31613151; PubMed Central PMCID: PMC6794117.
- HANZLOVÁ J., HEMZA J. *Základy anatomie soustavy dýchací, srdečně cévní, lymfatického systému, kůže a jejich derivátů III*. Brno: Masarykova univerzita, 2007. ISBN 978-80-210-4360-2.

- CHLUMSKÝ J. a spol. *Doporučený postup pro interpretaci základních vyšetření plicních funkcí: Sekce patofyziologie dýchání ČPFS*, nedatováno [online]. [Cit. 2021-02-21]. Dostupné z: file:///C:/Users/pc/AppData/Local/Temp/10.1_DP%20pro%20interpretaci%20z%C3%A1kl.vy%C5%A1.%20plic%C3%ADch%20funkc%C3%AD.pdf
- Chronická obstrukční plicní nemoc. *Časný záchyt chronické obstrukční plicní nemoci* [online]. Brno: ÚZIS [cit. 2020-11-22]. Dostupné z: <https://nsc.uzis.cz/zdraveplice/index.php?pg=chopn>
- KOLEK, Vítězslav. *Co je sarkoidóza a jak s ní žít: Úvod* [online]. Olomouc: ČARO, 2012 [cit. 2021-03-01]. ISBN 978-80-87327-98-2.
- KYLE U.G., SCHUTZ Y., DUPERTUIS Y.M., et al. Body composition interpretation. Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*. 2003 Jul-Aug;19(7-8):597-604. PubMed PMID: 12831945.
- LAVRÍKOVÁ P., FONTANA J. 6. Metabolismus vody a minerálních látek. *Multimediální skripta* [online]. 2018 [cit. 2021-6-18]. Dostupné z: <http://fb.lt.cz/skripta/vii-vylucovaci-soustava-a-acidobazicka-rovnovaha/6-metabolismus-vody-a-mineralnich-latek/>
- KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
- KLENER, P. *Vnitřní lékařství*. 4. Galén, 2012. ISBN 978-80-7262-858-2.
- LITTLETON S.W. Impact of obesity on respiratory function. *Respirology*. 2012 Jan;17(1):43-9. doi: 10.1111/j.1440-1843.2011.02096.x. PubMed PMID: 22040049.
- MAČÁK, J., MAČÁKOVÁ J., DVOŘÁČKOVÁ J. *Patologie*. 2. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-7771-9.

- MAIOLO C., MOHAMED E.I., CARBONELLI M.G. Body composition and respiratory function. *Acta diabetologica*. 2003 Oct;40 Suppl 1:S32-8. doi: 10.1007/s00592-003-0023-0. PubMed PMID: 14618430.
- MELO L.C., SILVA M.A., CALLES A.C. Obesity and lung function: a systematic review. *Einstein*. 2014 Jan-Mar;12(1):120-5. PubMed PMID: 24728258; PubMed Central PMCID: PMC4898251.
- MILLER, M., J. HANKINSON a V. BRUSASCO, et al. *Standardisation of spirometry* [online]. *Eur Respir*, 2005 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://erj.ersjournals.com/content/26/2/319.short>
- NETTER, F. H. *Atlas of human anatomy*. 6th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, c2014. ISBN 978-1-4557-5888-3.
- OLEJÁROVÁ, M. Dnavá artritida. *Medicína pro praxi* [online]. Praha, 2011, 3 [cit. 2021-6-25]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/med/2011/11/02.pdf>
- OLIVEIRA P.D., WEHRMEISTER F.C., PEREZ-PADILLA R., et al. Relationship between Body Composition and Pulmonary Function in Early Adult Life: A Cross-Sectional Analysis Nested in Two Birth Cohort Studies. *PLoS One*. 2016;11(9):e0163428. doi: 10.1371/journal.pone.0163428. PubMed PMID: 27682232; PubMed Central PMCID: PMC5040394 and was paid by GSK to attend the ERS. RP received personal fees from Novartis for one lecture on epidemiology of COPD. All authors declare no conflicts of interest related to the subject of this manuscript. This does not alter our adherence to PLOS ONE policies on sharing data and materials.
- OLIVOVÁ, J. Zase nedopnu kalhoty! *Věda a výzkum: Biologie a medicína* [online]. 2017(2.) [cit. 2021-6-30].

- PARK J.E., CHUNG J.H., LEE K.H., et al. The effect of body composition on pulmonary function. *Tuberculosis and respiratory diseases*. 2012 May;72(5):433-40. doi: 10.4046/trd.2012.72.5.433. PubMed PMID: 23101008; PubMed Central PMCID: PMC3475466.
- PARAMESWARAN K., TODD D.C., SOTH M. Altered respiratory physiology in obesity. *Canadian respiratory journal*. 2006 May-Jun;13(4):203-10. doi: 10.1155/2006/834786. PubMed PMID: 16779465; PubMed Central PMCID: PMC2683280.
- PAŘÍZKOVÁ, J. Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. místo neznámé: *Med. Sport. Boh. Slov*, 1998. ISSN 1210-5481.
- RYBKA, J.. *Diabetes mellitus: Diagnostické a léčebné postupy*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-6734-5.
- RIEGEROVÁ J., PŘIDALOVÁ M., ULBRICHOVÁ M. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)*. 3. vyd. Olomouc: Hanex, 2006. ISBN isbn80-85783-52-5.
- ROKYTA, R. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-4867-2.
- SCOTT H.A., GIBSON P.G., GARG M.L., et al. Relationship between body composition, inflammation and lung function in overweight and obese asthma. *Respiratory research*. 2012 Feb 1;13:10. doi: 10.1186/1465-9921-13-10. PubMed PMID: 22296721; PubMed Central PMCID: PMC3329414.
- SCHMIDT, R. F. *Memorix -Fyziologie*. 1. vyd. Praha: Scientia Medica, 1993.
- SOOD A. Obesity, adipokines, and lung disease. *J Appl Physiol* (1985). 2010 Mar;108(3):744-53. doi: 10.1152/jappphysiol.00838.2009. PubMed PMID: 19926824; PubMed Central PMCID: PMC2838636.

- SLAVÍKOVÁ J. ŠVÍGLEROVÁ J. *Fyziologie dýchání*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2065-7.
- SPATHOPOULOS D., PARASKAKIS E., TRYPSIANIS G., et al. The effect of obesity on pulmonary lung function of school aged children in Greece. *Pediatric pulmonology*. 2009 Mar;44(3):273-80. doi: 10.1002/ppul.20995. PubMed PMID: 19208374.
- SUTHERLAND E.R. Linking obesity and asthma. *Ann N Y Acad Sci*. 2014 Apr;1311:31-41. doi: 10.1111/nyas.12357. PubMed PMID: 24517401.
- SUTHERLAND T.J., GOULDING A., GRANT A.M., et al. The effect of adiposity measured by dual-energy X-ray absorptiometry on lung function. *Eur Respir J*. 2008 Jul;32(1):85-91. doi: 10.1183/09031936.00112407. PubMed PMID: 18353855.
- ŠMÍDKOVÁ L. et al., *Modul A: teoretické základy medicíny: anatomie, histologie a embryologie, fyziologie, biochemie*. Praha: Triton, 2003. ISBN 80-7254-362-8.
- TENÓRIO, L.H.S., SANTOS, Amilton DA CRUZ, OLIVEIRA, Adriana SARMENTO de, Lima, Anna MYRNA J. de, & BRASILEIRO-SANTOS, Maria do SOCORRO. Obesity and pulmonary function tests in children and adolescents: a systematic review. *Revista Paulista de Pediatria*. 2012;30(3):423-430. doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-05822012000300018>.
- VÁCHA M., FELLNEROVÁ I., BIČÍK V., PETRÁSEK R., ŠIMEK V. (2010): *Srovnávací fyziologie živočichů*. Skripta. 2. upravené vydání. Masarykova univerzita Brno (ISBN 978-80-210-3379-5)
- VINŠ, P. *Plicní edém* [online]. Semily [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/int/2003/11/04.pdf>
- VITALION. *Tuberkulóza: Popis tuberkulózy* [online]. Praha: Vitalion, 2021 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://nemoci.vitalion.cz/tuberkuloza/>

- VÍTOVEC, J., ŠPINAR J., ŠPINAROVÁ L., LUDKA O. *Léčba kardiovaskulárních onemocnění. 2., aktualizované a doplněné vydání.* Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-271-2931-7.
- WHITWORTH, G. *What Is Pulmonary Edema?* [online]. 2019 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/health/pulmonary-edema>
- ZOUHAR, P. *Bílá tuková tkáň: víc než jen skladiště. Živa* [online]. Nakladatelství Academia, 2020(4.) [cit. 2021-6-30]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/bila-tukova-tkan-vic-nez-jen-skladiste.pdf>
- ZOUHAR, P. *Hnědá tuková tkáň: Tuk, který pálí tuk. Živa* [online]. Nakladatelství Academia, 2020, (4.) [cit. 2021-6-30]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pd/pdf/hneda-tukova-tkan-tuk-ktery-pali-tuk.pdf>

10. PŘÍLOHY

10.1 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1. Modely složení těla, dostupné na: https://publi.cz/books/149/12.html	14
Obrázek 2. Popis částí nosu a dutiny nosní, dostupné na: https://www.akademon.cz/Article?suffix=1117 ; upraveno.....	20
Obrázek 3. Hrtan, pohled zepředu, dostupné na: https://zs-tgm-prirodopis-87.webnode.cz/dychaci-soustava/ ; upraveno	22
Obrázek 4. Hrtan, pohled shora, zdroj: Netter (2014); upraveno	23
Obrázek 5. Průdušnice (trachea), dostupné na: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFdu%C5%A1nice ; upraveno	24
Obrázek 6. Řasinkový epitel sliznice, dostupné na: https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/zaklady_anatomie/zakl_anatomieIII/pages/dychaci_soustava.htm	24
Obrázek 7. Bifurkace průdušnice na pravou (kratší) a levou (delší) průdušku, zdroj: Netter (2014); upraveno	25
Obrázek 8. Pohled na plíce zepředu, zdroj: Netter (2014); upraveno	27
Obrázek 9. Pravá plíce, plicní branka (hilus) dostupné na: http://terminologia-anatomica.org/cs/ImageSet/ViewSet/2201?imageId=646 ; upraveno	28
Obrázek 10. Levá plíce, plicní branka (hilus) dostupné na: http://terminologia-anatomica.org/cs/ImageSet/ViewSet/2017?imageId=432 ; upraveno	28
Obrázek 11. Výměna plynů mezi alveolem a krví, dostupné na: https://www.galenus.cz/clanky/biochemie/biochemie-fyziologie-transport-plynu	30
Obrázek 12. Statické plicní objemy, kapacity a jejich objem v litrech, dostupné na: http://fbt.cz/skripta/vi-dychaci-soustava/2-mechanika-dychani/	36
Obrázek 13. Tanita® MC 980-MA Plus, Direct MicroGP Spirometer, dostupné na: https://osobni-vahy.heureka.cz/tanita-mc-980-ma-plus/https://4medtech.com/shop/spirometers/in2itive-2/	39

10.2 Seznam tabulek

Tabulka 1. Doporučené zastoupení tělesného tuku u mužů a žen.....	10
Tabulka 2. Kategorie BMI (v kg/m^2)	15
Tabulka 3. Klasifikace BFMI a FFMI v závislosti na BMI u mužů a žen	16
Tabulka 4. Metody funkčního vyšetření plic, upraveno dle Fišerové (2001).	34
Tabulka 5. Deskriptivní data	42
Tabulka 6. Několikanásobná lineární regrese mezi antropometrickými údaji, složením těla a parametry spirometrie	43
Tabulka 7. Parciální korelace mezi parametry spirometrie a vybranými parametry tělesného složení.....	44
Tabulka 8. Vztah mezi parametry spirometrie a parametry tělesného složení u chlapců a dívek	45
Tabulka 9. Vztah mezi parametry spirometrie a parametry regionálního tělesného složení u chlapců a dívek.....	46

10.3 Seznam použitých zkratek

TBW	celková tělesná voda (<i>total body water</i>)
ADH	antidiuretický hormon, vazopresin
RAAS	renin-angiotenzin-aldosteronový systém
BFM	tělesný tuk (<i>body fat mass</i>)
FFM	tukuprostá hmota (<i>fat-free mass</i>)
LBM	štíhlá tělesná hmota (<i>lean body mass</i>)
RTG	rentgen, rentgenové
BMI	index tělesné hmotnosti (<i>body mass index</i>)
WHR index	poměr obvodu pasů a boků (<i>waist-to-hip ratio index</i>)
FFMI	index tukuprosté hmoty (<i>fat-free mass index</i>)
BFMI	index tukové hmoty (<i>body fat mass index</i>)
CT	počítačová tomografie (<i>computed tomography</i>)
MRI	magnetická rezonance (<i>magnetic resonance imaging</i>)
DM1	cukrovka 1. typu (<i>diabetes mellitus 1. typu</i>)
DM2	cukrovka 2. typu (<i>diabetes mellitus 2. typu</i>)
IR	inzulinová rezistence
dna	dnavá artritida
CHOPN	chronická obstrukční plicní nemoc
VT	dechový objem
IRV	inspirační rezervní objem
ERV	expirační rezervní objem
RV	reziduální objem
IC	inspirační kapacita
FRC	funkční reziduální kapacita
VC	vitální kapacita

TLC	celková plicní kapacita
FVC	usilovná vitální kapacita
PEF	vrcholový průtok vzduchu
FEV ₁	jednosekundová vitální kapacita
dF	frekvence dýchání
V _E	minutová ventilace plic

10.4 Informovaný souhlas IGA 2020

Univerzita Palackého v Olomouci



Přírodovědecká
fakulta

Informovaný souhlas s antropometrickým měřením a účastí ve výzkumu

1. Antropometrické měření

Měření je založeno na neinvazivních metodách – vyšetření tělesného složení pomocí multifrekvenční bioelektrické impedance (MFBIA). MFBIA je vhodná pro klinickou a terénní determinaci tělesného složení. Spočívá na rozdílech šíření vysokofrekvenčního střídavého elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách. Tukuprostá hmota, obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů, je dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor. Výzkumné měření bude realizováno pomocí přístroje Tanita MC-980 MA Plus (více zde: <https://tanita.eu/products/professional-body-composition-monitors/mc-980ma-plus>). Měření bude probíhat za přítomnosti vyškoleného personálu po dobu jedné minuty.

Obecná organizace výzkumu

Před vlastním vyšetřením absolvuje proband (student/studentka) krátkou instruktáž (vysvětlení základních pravidel nutných pro validní průběh měření). Dále bude zařazen do databáze, ve které budou uvedeny jeho personálie (jméno, příjmení, pohlaví a datum narození) a základní antropometrické charakteristiky (tělesná hmotnost, tělesná výška). Taktéž získá své osobní identifikační číslo, které zabezpečí jeho anonymitu při zpracování a interpretaci výsledků. Proband následně podstoupí měření tělesného složení pomocí multifrekvenčního přístroje Tanita MC-980 MA Plus.

Standardní podmínky pro přesnost měření na přístroji Tanita MC-980 MA Plus:

- měří se na bosu, v lehkém oděvu
- nejméně 2 hodiny před měřením je doporučeno jíst pouze lehce stravitelná jídla v malém množství;

- neprovádět pohybovou aktivitu vysoké intenzity těsně před měřením;
- před měřením je doporučeno zajít na toaletu;
- před měřením se není vhodné sprchovat;
- je potřeba odložit si před měřením všechny kovové předměty a předměty jako jsou mobil, klíče, šperky, kovový opasek...
- měření nesmí podstoupit osoby s kardiostimulátorem a měření není doporučováno těhotným ženám.

2. Krátký dotazník o aktivitě či nemocích, které mohou ovlivnit vlastní měření

Při měření jsou dodržovány hygienické podmínky, a to za použití dezinfekčních ubrousků či dezinfikovaných náustků.

1. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
2. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná a anonymní.
3. Je zaručena ochrana mých osobních dat. Při vlastním provádění studie nemohou být osobní údaje poskytnuty jiným osobám než těm, které výzkum realizují. Údaje budou uchovány pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem.
4. Porozuměl(a) jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

U studentů do 18. roku se podepisuje jeho zákonný zástupce.

Jméno a příjmení studenta/studentky:

V..... dne.....

 podpis

10. 4 Dotazník

Dotazník č.

Zakroužkuj správné/vhodné odpovědi.

1. Jsi osvobozen z TV? ANO NE

1. Sportuješ (mimo TV)? ANO NE

2. Který/é sport/y provozuješ? Napiš.

3. Na jaké úrovni provozuješ sport/y? Nepočítej sem TV.

Druh sportu:
.....

a) rekreační a) rekreační a) rekreační a) rekreačně

b) klubové/ligové b) klubové/ligové b) klubové/ligové b)
klubové/ligové

3. Jak intenzivně sportuješ? Pokud nic neprovozuješ, otázku přeskoč.

- | | |
|----------------|------------------------------------|
| a) 1x-2x týdně | d) sezonně |
| b) 3x-4x týdně | e) pouze v rámci TV 2 hodiny týdně |
| c) každý den | |

4. Trpíš nějakým onemocněním, které Tě omezuje v pohybové aktivitě? ANO NE

5. Léčíš se s astmatem? ANO NE

6. Léčíš se s jiným dýchacím onemocněním? ANO NE

Pokud ANO, uveď prosím s jakým?

7. Léčíš se s kardiovaskulárním onemocněním? (vysoký/nízký krevní tlak, srdeční arytmie a jiné)

ANO NE Pokud ANO, uveď prosím s jakým.

8. Kouříš? ANO NE

Děkujeme za vyplnění dotazníku. Dotazník je anonymní - bude veden pod číslem, které Vám přidělíme během měření na přístroji Tanita!

10.5 Pracovní list pro studenty

Vztah mezi vybranými parametry tělesného složení a parametry spirometrie u zdravých adolescentů

Poznámka: Výše psané téma je velmi konkrétní – i když bychom tento pracovní list rozdělili na dvě části (probírání vaziv a probírání dýchací soustavy člověka), mohl by zabrat poměrně velké množství času (samotné vypracování + probírání řešení) a pro některé žáky (např. ti, co už ví, že se budou hlásit na nějaké technické, filosofické, ... obory) by mohl být poměrně náročný, ne-li zbytečně konkrétní. Dle mého názoru by bylo vhodné jej využít např. v hodinách biologického semináře, nebo v rámci semináře/kroužku pro budoucí studenty zdravotnických, biologických, a dalších příbuzných oborů.

Následující pracovní list bychom mohli využít např. v biologickém semináři ve 4. ročníku čtyřletého gymnázia / v oktávě u osmiletého gymnázia. Pracovní list je rozdělen do čtyř částí: Voda a živé organismy, Tělesné složení, Dýchací soustava a Vztahy spirometrie a tělesného složení.

Vzdělávací oblast: Člověk a příroda

Tematický celek: Biologie člověka

Prekoncepty žáků: základní znalosti z biologie člověka (stavba buňky, pojiva, základní složení lidského těla, části dýchací soustavy)

Průřezová témata:

Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech (obezita a její výskyt v rámci populace, problematika kouření a dalších negativních vlivů na zdraví, aktivní životní styl, ...)

Mediální výchova (využití internetových zdrojů k vyhledávání informací, jejich porovnání a kritické zhodnocení)

Environmentální výchova (možné spojitosti tělesného složení a jejich změn ve vazbě na přírodu, plantáže tabáku a využití dětské pracovní síly v rozvojových zemích, ...)

Multikulturní výchova (pohled na změny tělesného složení v rámci lidských ras – např. ukládání tuku u žen negroidní rasy v oblasti boků a hýždí, tělesná výška a tvar lebky, ...)

Mezipředmětové vztahy:

Informatika – vyhledávání informací

Zeměpis – rasy, rozvojové vs. vyspělé země (problémy s obezitou)

Chemie – voda, ionty v extracelulárním a intracelulárním prostoru, jejich transport,...

Cíle hodiny:

Žák dokáže popsat důležitost vody a její role v organismu.

Žák bude umět charakterizovat tělesné složení a jeho hlavní komponenty.

Žák dokáže vnímat rizika spojená s nadváhou, obezitou, či podvýživou.

Žák se naučí popsat části dýchací soustavy a stručně je charakterizovat.

Žák se naučí vidět souvislost mezi tělesným složením a výsledky spirometrie.

Pomůcky: prezentace učitele, učebnice, knihy (encyklopedie), popř. v určitých částech internet; pracovní list a psací potřeby

Tělesné složení, dýchací soustava, spirometrie

Jméno a příjmení:

Datum:

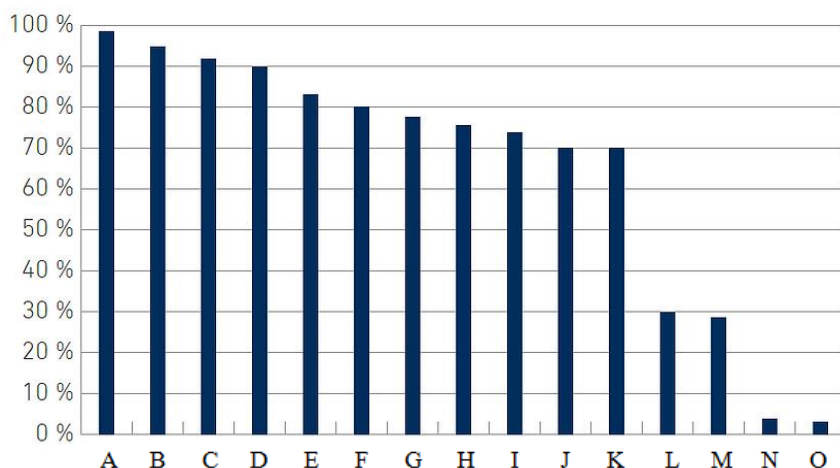
A: Voda a živé organismy (samostatná práce bez internetu)

1. Sloučeninou, tvořící základ živých soustav, je voda. Pokuste se napsat alespoň 3 důvody, proč je voda v živých organismech tak nezastupitelnou složkou.

2. Doplňte správná slova na vynechaná místa:

Voda se uvnitř těl vyskytuje jak v extracelulárním, tak intracelulárním prostoru. Je součástí mezibuněčných prostor, jako je např. _____ mok, součástí tekutiny kloubů, kterou nazýváme _____, součástí likvoru, čili _____ a dalších. U bezobratlých je součástí jejich primitivnějších tělních tekutin, např. u žahavců se jedná o _____, u kroužkoců _____, a neznámější tělní tekutinou hmyzu je _____.

3. V následujícím grafu máme znázorněné procentuální zastoupení vody v určité části (v určitém orgánu) lidského těla. **Zkuste** přiřadit pojmy pod obrázkem k daným písmenům dle grafu. *Výsledky prodiskutujeme na konci vyučování.



Zdroj: <https://czechdomu.cz/Voda.php>; upraveno

kosti

plíce

sklivec

srdce

zubní sklovina

játra

plazma

pokožka

svaly

lymfy

neurony

mozková kůra

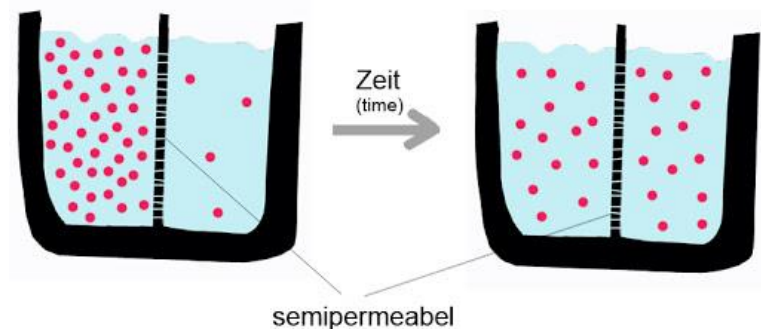
vlasy

tuková tkáň

krev

4. Popište jev na obrázku a správně zakroužkujte odpovědi na otázky. Z písmenek získáte tajenku, kterou jednou větou popíšete.

- jev na obrázku se označuje jako _____



Zdroj:
<http://biologie.webz.cz/www/eukaryota/osmotickejevy.html>

- a. Tento jev patří mezi tzv. aktivní transport. ANO (R) NE (T)
- b. Voda patří mezi polární rozpouštědla. ANO (O) NE (E)
- c. Na stárí se celková tělesná voda zvyšuje. ANO (S) NE (N)
- d. Buňka v hypertonickém roztoku přijímá vodu, dochází k plazmolýze. ANO (E) NE (I)
- e. Jako příklad izotonického roztoku můžeme označit fyziologický 0,9% NaCl. ANO (C) NE (M)
- f. Metabolismus vody je úzce spjat s metabolismem sodíku. ANO (I) NE (O)
- g. Difúze představuje transport proti koncentračnímu gradientu. ANO (K) NE (T)
- h. K plazmolýze dochází např. při sušení solí. ANO (A) NE (Y)

Tajenka: _____

Jedná se o _____.

5. Voda představuje pro některé živočichy limitující faktor prostředí. S tím úzce souvisí i vylučování odpadních látek, konkrétně amoniaku. V jaké formě se amoniaku zbavují následující živočichové a jak tento proces souvisí s dostatkem, respektive nedostatkem vody?

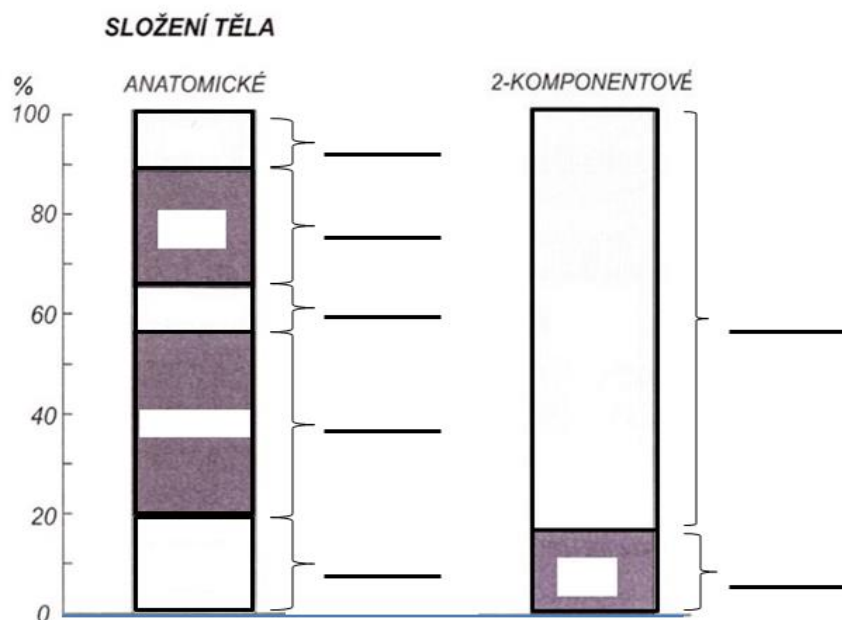
Ryby - _____.

Savci - _____.

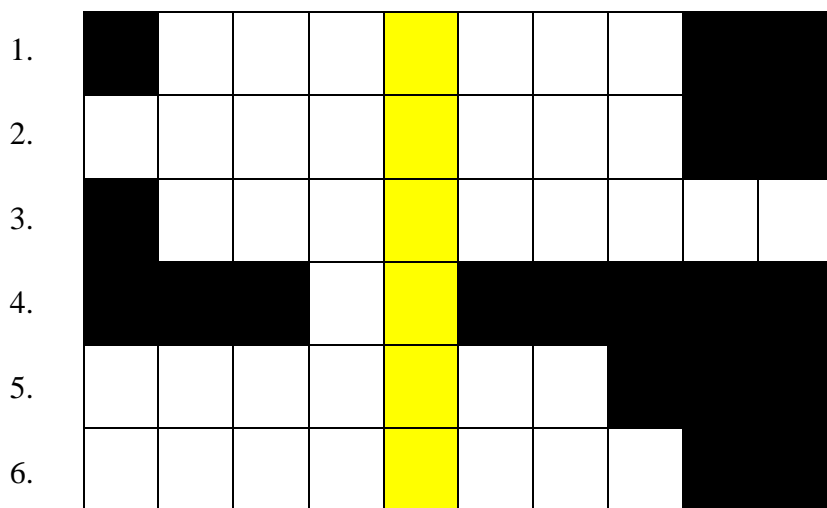
Ptáci - _____.

B: Tělesné složení člověka (samostatná práce, možnost využití internetu)

1. Na základě toho, co je předmětem daného výzkumu, využíváme různé typy modelů tělesného složení. Do následujícího obrázku přiřipšte komponenty, které jsou součástí anatomického a dvoukomponentového modelu složení těla dle procentuálního zastoupení.



2. Vyluštěte křížovku, pod křížovku na řádek napište tajenku a zodpovězte na dané otázky.



1. Typ tkáně, která se dělí na kosterní, hladkou a srdeční.
2. Cukrovka má latinský název *mellitus* (doplňte)
3. Při svalové kontrakci dochází k navázání vápníku na bílkovinu

4. Zkratka přístroje, který dokáže velmi dobře určit parametry tělesného složení (nevýhoda je rtg záření)

5. Zmnožení tukové tkáně

6. Embryonální kostní tkáň

Tajenka: _____

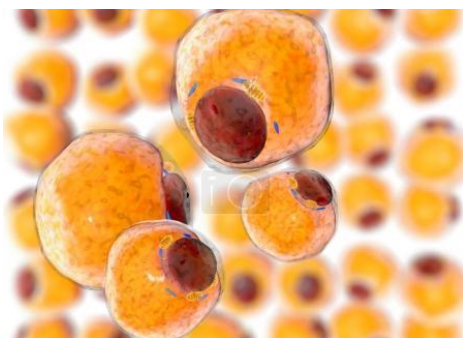
Kde je daná látka produkována? _____

Jaké jsou její funkce? _____

3. Najděte na internetu vzorce pro výpočet BMI a dle vlastních údajů proveďte výpočet. Proč je/není vhodné využívat tento index jako indikátor podváhy, nadváhy, atd.?

Vyhledejte další typy somatických indexů (alespoň 2). _____

4. Na obrázku můžeme vidět tukovou buňku, které se říká _____. Uvnitř se nachází _____, charakteristická právě pro tukové buňky. U buněk bílé tukové tkáně je _____, u buněk hnědé tukové tkáně jsou _____. Hnědá tuková tkáň též obsahuje četné mitochondrie, kde dochází k vytváření _____. Typická je především pro _____, u kterých má termoregulační funkci, ale je v menším množství součástí i těl dospělých jedinců.



5. Vyhledejte na internetu články, týkající se obezity ve vyspělých a rozvojových zemích a zodpovězte na následující otázky:

a. Jak člověka může ovlivňovat tzv. *Západní strava*?

b. V kterých nově industrializovaných zemích se začíná výrazně zvyšovat míra obezity?

c. Zkuste vypsát alespoň tři možné příčiny růstu nadváhy a obezity ve světě.

d. Vyhledejte, která rizika (onemocnění) s sebou může přinášet nadváha a obezita.

*Poznámka: úkol číslo 5. nemusí být zrovna vhodným úkolem pro určité žáky (z důvodu možných posměšků a celkové nepříjemnosti při rozebírání daného tématu). Proto je na **zvážení**, zda by se úkol přidal do pracovního listu, či nikoliv.*

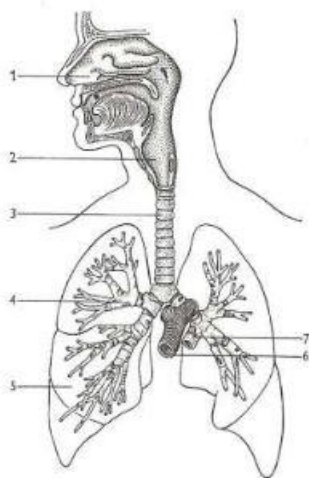
C: Dýchací soustava (samostatná práce s učebnicí, popř. internetem)

1. Dýchání (respiraci) rozdělujeme na dva typy, vnější a vnitřní. Dle učebnice vypište charakteristiku a rozdíly mezi těmito dvěma typy dýchání.

Vnější:

Vnitřní:

2. Popište správně jednotlivé části dýchací soustavy.



1. _____

2. _____

3. _____

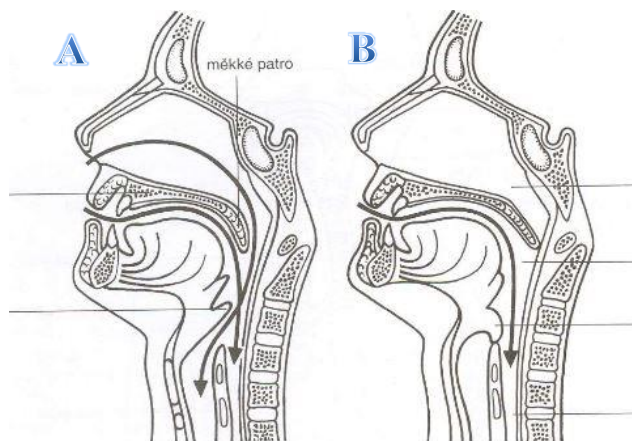
4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

3. Popište jevy na obrázcích označeny A a B a zodpovězte na otázky pod nimi.



a. S obrázkou úzce souvisí tzv. *epiglottis*, česky nazývána – _____

b. Které chrupavky hrtanu jsou tvořeny elastickou, a které hyalinní chrupavkou?

hyalinní – _____

elastická – _____

c. Vyznačte na obrázcích modře průdušnici a červeně jícen.

d. Která část CNS řídí jevy jako je např. polykání, nebo zvracení? _____

4. Zahrajte si na doktory. U každého imaginárního pacienta označovaného písmeny A – D zkuste určit nejpravděpodobnější možnou diagnózu za pomoci učebnic a internetu. Po skončení práce si spolu s učitelem k dané diagnóze připišete několik vět.

Pacient A

- muž, 56 let, aktivní kuřák

-dlouhodobě silný kašel, chraptot, bolest na hrudi, poruchy polykání

Pacient B

-dítě, 1 rok, bez závažných onemocnění

-v noci silný kašel, ztížené dýchání s pískotem, rýma, zvýšená teplota

Pacient C

-žena, 30 let, po traumatu

-bodné bolesti na hrudi, kašel, dušnost, asymetrické pohyby hrudníku

Pacient D

-muž, 45 let, pracuje v lomech

-dušnost, únava, bolest na hrudi, paličkovité prsty

5. Při vyšetření funkcí plic pacienta se využívá tzv. spirometr. Ten dokáže zaznamenat pacientovo dýchání jako graf v závislosti na čase. Díky tomuto přístroji se mohou posuzovat parametry jako je např. FVC, FEV₁, PEF a další. Vyhledejte informace k parametrům, které označují tyto zkratky. Jakých hodnot mohou dosahovat?

D: Vztahy spirometrie a tělesného složení (samostatná práce s internetem)

1. Kterými faktory, mohou být obecně ovlivněny výsledky spirometrie?

2. Jaký může mít dle Vašeho názoru dopad vyššího obsahu tukové hmoty v oblasti trupu?

3. Přečtěte si následující text a vybírejte na vynechaná místa správná slova z dané dvojice/trojice.

Dle dvoukomponentového modelu tělesného složení rozeznáváme dva parametry, tělesný tuk a _____ (svalovou/tukuprostou/kostní hmotu). Obecně ženy mají _____ (vyšší/nížší) podíl tukové tkáně, nežli muži. Na výsledcích FVC se u adolescentů poměrně výrazně podílí i _____ (tukuprostá hmota a tělesná hmotnost/ tukuprostá hmota a tělesná výška). Nejvíce ovlivňuje výsledky spirometrie obsah tuku _____ (dolních končetin a trupu, horních končetin a dolních končetin, horních končetin a trupu). U dospívajících chlapců může mít FVC s tukovou hmotou zpočátku _____ (pozitivní/negativní) vztah a vztah FVC se svalovou hmotou může hrát vyšší roli _____ (v mladším/v pozdějším) věku.

Poznámka: u některých obrázků nejsou uvedeny zdroje záměrně (skrz rychlejší vyhledání odpovědí na internetu u žáků). Taktéž velká část úkolů by měla zahrnovat další vysvětlení/probrání látky spolu s výkladem (prezentací) učitelem.

10.6. Řešení pracovního listu

Tělesné složení, dýchací soustava, spirometrie

Jméno a příjmení:

Datum:

A: Voda a živé organismy (samostatná práce bez internetu)

1. Sloučeninou, tvořící základ živých soustav, je voda. Pokuste se napsat alespoň 3 důvody, proč je voda v živých organismech tak nezastupitelnou složkou.

dobré rozpouštědlo

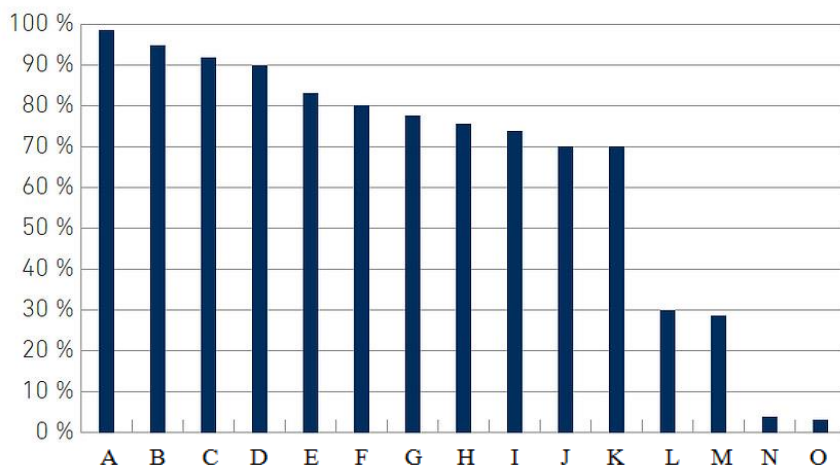
udržení stálého pH

ovlivňuje termoregulaci

2. Doplňte správná slova na vynechaná místa:

Voda se uvnitř těl vyskytuje jak v extracelulárním, tak intracelulárním prostoru. Je součástí mezibuněčných prostor, jako je např. tkáňový mok, součástí tekutiny kloubů, kterou nazýváme synoviální tekutina, součástí likvoru, čili mozkomíšního moku a dalších. U bezobratlých je součástí jejich primitivnějších tělních tekutin, např. u žahavců se jedná o hydrolymfu, u kroužkvců coelomová tekutina, a neznámější tělní tekutinou hmyzu je hemolymfa.

3. V následujícím grafu máme znázorněné procentuální zastoupení vody v určité části (v určitém orgánu) lidského těla. **Zkuste** přiřadit pojmy pod obrázkem k daným písmenům dle grafu. *Výsledky prodiskutujeme na konci vyučování.



Zdroj: <https://czechdomu.cz/Voda.php>;
upraveno

kosti M

plíce F

sklivec A

srdce I

zubní sklovina O

játra G

plazma C

pokožka K

svaly H

lymfa B

neurony J

mozková kůra E

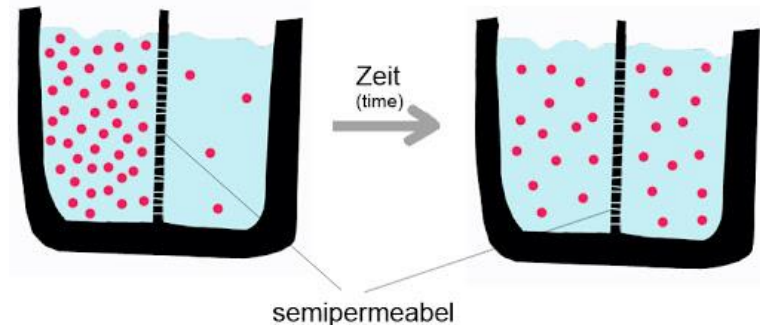
vlasy N

tuková tkáň L

krev D

4. Popište jev na obrázku a správně zakroužkujte odpovědi na otázky. Z písmenek získáte tajenku, kterou jednou větou popíšete.

- jev na obrázku se označuje jako osmóza



Zdroj:

<http://biologie.webz.cz/www/eukaryota/osmotickejevy.htm>; upraveno

- a. Tento jev patří mezi tzv. aktivní transport. ANO (R) **NE (T)**
- b. Voda patří mezi polární rozpouštědla. **ANO (O)** NE (E)
- c. Na stárí se celková tělesná voda zvyšuje. ANO (S) **NE (N)**
- d. Buňka v hypertonickém roztoku přijímá vodu, dochází k plazmolýze. ANO (E) **NE (I)**
- e. Jako příklad izotonického roztoku můžeme označit fyziologický 0,9% NaCl. **ANO (C)** NE (M)
- f. Metabolismus vody je úzce spjat s metabolismem sodíku. **ANO (I)** NE (O)
- g. Difúze představuje transport proti koncentračnímu gradientu. ANO (K) **NE (T)**
- h. K plazmolýze dochází např. při sušení solí. **ANO (A)** NE (Y)

Tajenka: TONICITA

Jedná se o osmotický tlak ve srovnání s jiným roztokem, vztah buňky k okolnímu roztoku.

5. Voda představuje pro některé živočichy limitující faktor prostředí. S tím úzce souvisí i vylučování odpadních látek, konkrétně amoniaku. V jaké formě se amoniaku zbavují následující živočichové a jak tento proces souvisí s dostatkem, respektive nedostatkem vody?

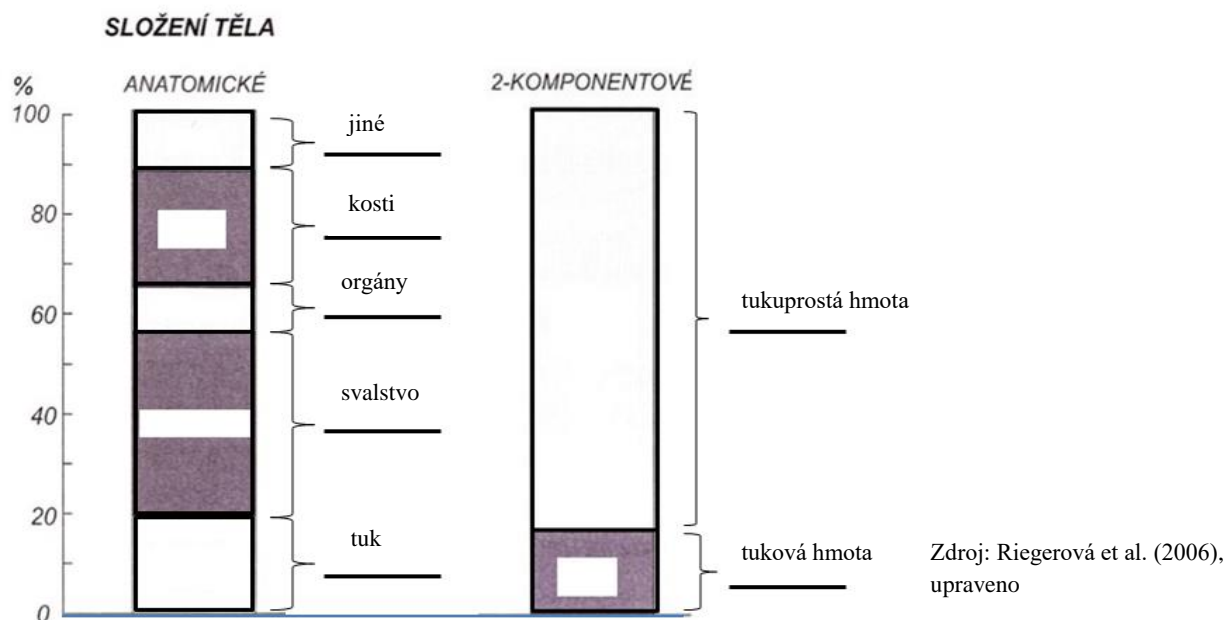
Ryby – amoniak je rozpustný ve vodě, ryby mají dostatek vody, takže se ho zbavují ve formě NH_4^+

Savci – efektivnější hospodaření s vodou, močovina má nižší toxicitu, energeticky náročnější.

Ptáci – nejefektivnější hospodaření s vodou, kašovitá kyselina močová, potřebují nejméně vody, energeticky náročné.

B: Tělesné složení člověka (samostatná práce, možnost využití internetu)

1. Na základě toho, co je předmětem daného výzkumu, využíváme různé typy modelů tělesného složení. Do následujícího obrázku přiřpte komponenty, které jsou součástí anatomického a dvoukomponentového modelu složení těla dle procentuálního zastoupení.



2. Vyluštěte křížovku, pod křížovku na řádek napište tajenku a zodpovězte na dané otázky.

1.	S	V	A	L	O	V	Á		
2.	D	I	A	B	E	T	E	S	
3.		T	R	O	P	O	N	I	N
4.				C	T				
5.	O	B	E	Z	I	T	A		
6.	V	L	Á	K	N	I	T	Á	

1. Typ tkáně, která se dělí na kosterní, hladkou a srdeční.
2. Cukrovka má latinský název *mellitus* (doplň)
3. Při svalové kontrakci dochází k navázání vápníku na bílkovinu

4. Zkratka přístroje, který dokáže velmi dobře určit parametry tělesného složení (nevýhoda je rtg záření)

5. Zmnožení tukové tkáně

6. Embryonální kostní tkáň

Tajenka: leptin

Kde je daná látka produkována? V tukových buňkách.

Jaké jsou její funkce? Dává zbytku těla informace o stavu tukových zásob. Nízká sekrece vyvolává pocit hladu. Při vyšší sekreci leptinu dochází k útlumu pocitu hladu.

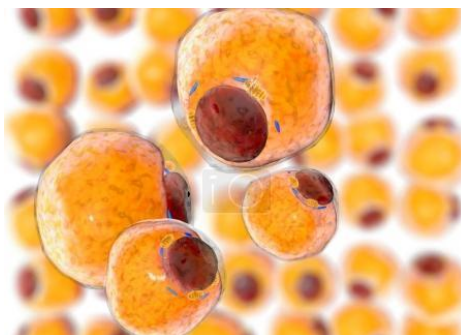
3. Najděte na internetu vzorce pro výpočet BMI a dle vlastních údajů proveďte výpočet. Proč je/není vhodné využívat tento index jako indikátor podváhy, nadváhy, atd.?

BMI - podíl tělesné hmotnosti daného jedince (v kg) k druhé mocnině k jeho tělesné výšce (v m²), výpočet individuální

BMI index neumožňuje postihnout změny v zastoupení tukové a tukuprosté hmoty, slouží tedy spíše jako orientační ukazatel, u kterého je vhodné doplnit o další informace (údaje), které se týkají např. zastoupení tělesného tuku a jeho distribuce

Vyhledejte další typy somatických indexů (alespoň 2) – BFMI, FFMI, WHR, ...

4. Na obrázku můžeme vidět tukovou buňku, které se říká adipocyt. Uvnitř se nachází tuková vakuola, charakteristická právě pro tukové buňky. U buněk bílé tukové tkáně je jedna velká, u buněk hnědé tukové tkáně je jich více, menších. Hnědá tuková tkáň též obsahuje četné mitochondrie, kde dochází k vytváření tepla. Typická je především pro novorozence, u kterých má termoregulační funkci, ale je v menším množství součástí i těl dospělých jedinců.



Zdroj: [https://fotky-foto.cz/fotobanka/tukove-bunky-z-tukove-ikane-adipocyty-v-lidskem-organismu\(4-105283414\)/](https://fotky-foto.cz/fotobanka/tukove-bunky-z-tukove-ikane-adipocyty-v-lidskem-organismu(4-105283414)/)

5. Vyhledejte na internetu články, týkající se obezity ve vyspělých a rozvojových zemích a zodpovězte na následující otázky:

- a. Jak člověka může ovlivňovat tzv. *Západní strava*? - spíše negativně; obezita, kardiovaskulární onemocnění, možné vyšší riziko výskytu rakoviny. Jedná se o stravu bohatou na červené maso, máslo, smažená jídla, umělá dochucovadla, sladkosti,...
- b. V kterých nově industrializovaných zemích se začíná výrazně zvyšovat míra obezity? Brazílie, Mexiko, Indie, ...
- c. Zkuste vypsát alespoň tři možné příčiny růstu nadváhy a obezity ve světě. Přejídání, nevhodné složení (skladba) stravy, nedostatek pohybu, nedostatek spánku, uspěchaná doba...
- d. Vyhledejte, která rizika (onemocnění) s sebou může přinášet nadváha a obezita. *Diabetes mellitus* 2. typu, vysoký krevní tlak, srdeční a cévní choroby, spánková apnoe, nádory,...

Poznámka: úkol číslo 5. nemusí být zrovna vhodným úkolem pro určité žáky (z důvodu možných posměšků a celkové nepříjemnosti při rozebírání daného tématu). Proto je na zvážení, zda by se úkol přidal do pracovního listu, či nikoliv.

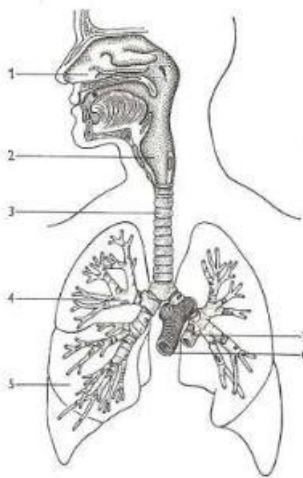
C: Dýchací soustava (samostatná práce s učebnicí, popř. internetem)

1. Dýchání (respiraci) rozdělujeme na dva typy, vnější a vnitřní. Dle učebnice vypište charakteristiku a rozdíly mezi těmito dvěma typy dýchání.

Vnější: označujeme jako plicní respiraci, výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi vzduchem a krví

Vnitřní: označujeme jako tkáňovou respiraci, výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi krví a tkáněmi

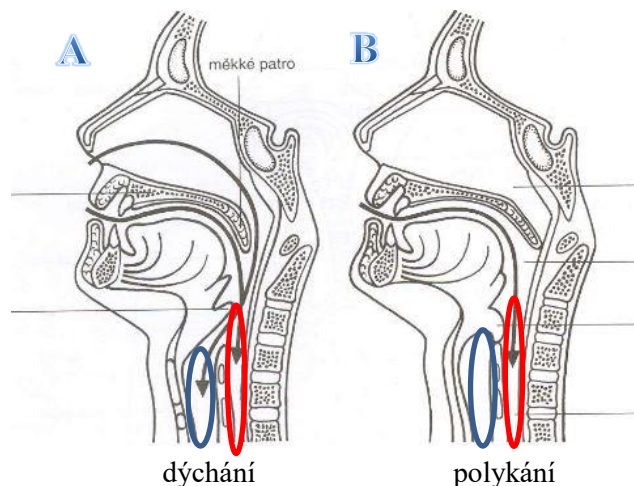
2. Popište správně jednotlivé části dýchací soustavy.



1. dutina nosní
2. hrtan
3. průdušnice
4. průdušky větvcí se na průdušinky
5. plíce
6. plicní tepna
7. plicní žíla

Zdroj: <https://adoc.pub/mgr-arka-vopnkova-gymnazium-so-a-vo-lede-nad-sazavou-vy32inoe48190cc7c3583c98f76bc54491b250478390.html>

3. Popište jevy na obrázcích označeny A a B a zodpovězte na otázky pod nimi.



Zdroj: <https://adoc.pub/mgr-arka-vopnkova-gymnazium-so-a-vo-lede-nad-sazavou-vy32inoe48190cc7c3583c98f76bc54491b250478390.html>

a. S obrázkou úzce souvisí tzv. *epiglottis*, česky nazývána – příklopka hrtanová

b. Které chrupavky hrtanu jsou tvořeny elastickou, a které hyalinní chrupavkou?

hyalinní – štítná, hlasivková, prstencová

elastická – příklopka hrtanová

c. Vyznačte na obrázcích modře průdušnici a červeně jícen.

d. Která část CNS řídí jevy jako je např. polykání, nebo zvracení? Prodloužená mícha.

4. Zahrajte si na doktory. U každého imaginárního pacienta označovaného písmeny A – D zkuste určit **nejpravděpodobnější možnou diagnózu za pomoci učebnic a internetu. Po skončení práce si spolu s učitelem k dané diagnóze připišete několik vět.**

Pacient A

- muž, 56 let, aktivní kuřák

-dlouhodobě silný kašel, chrapot, bolest na hrudi, poruchy polykání

Karcinom plic.

Pacient B

-dítě, 1 rok, bez závažných onemocnění

-v noci silný kašel, ztížené dýchání s pískotem, rýma, zvýšená teplota

Laryngitida.

Pacient C

-žena, 30 let, po traumatu

-bodné bolesti na hrudi, kašel, dušnost, asymetrické pohyby hrudníku

Pneumothorax.

Pacient D

-muž, 45 let, pracuje v lomech

-dušnost, únava, bolest na hrudi, paličkovité prsty

Silikóza.

5. Při vyšetření funkcí plic pacienta se využívá tzv. spirometr. Ten dokáže zaznamenat pacientovo dýchání jako graf v závislosti na čase. Díky tomuto přístroji se mohou posuzovat parametry jako je např. FVC, FEV₁, PEF a další. Vyhledejte informace k parametrům, které označují tyto zkratky. Jakých hodnot mohou dosahovat?

Usilovná vitální kapacita (FVC): jedná se o objem vzduchu, který lze prudce vydechnout po předchozím usilovném nádechu, činí cca 5 L.

Vrcholový průtok vzduchu (PEF): jedná se o maximální výdechový proud vzduchu, který následuje po maximálním nádechu. Jeho hraniční hodnota je cca 160 L/min.

c. Jednosekundová vitální kapacita (FEV₁): jedná se o objem vzduchu, který lze vydechnout maximálním úsilím v době trvání jedné sekundy po předchozím maximálním nádechu. Činí cca 4 L.

D: Vztahy spirometrie a tělesného složení (samostatná práce s internetem)

1. Kterými faktory, mohou být obecně ovlivněny výsledky spirometrie?

Onemocnění, pohlaví, váha, bolest při výdechu, věk, hmotnost,...

2. Jaký může mít dle Vašeho názoru dopad vyššího obsahu tukové hmoty v oblasti trupu?

Větší množství tuku může tlačit na plíce, ztěžovat dýchání, dotýčný se může častěji zadýchávat, může dojít ke změnu polohy bránice...

3. Přečtěte si následující text a vybírejte na vynechaná místa správná slova z dané dvojice/trojice.

Dle dvoukomponentového modelu tělesného složení rozeznáváme dva parametry, tělesný tuk a _____ (*svalovou/tukuprostou/kostní hmotu*). Obecně ženy mají _____ (*vyšší/nížší*) podíl tukové tkáně, než-li muži. Na výsledcích FVC se u adolescentů poměrně výrazně podílí i _____ (*tukuprostá hmota a tělesná hmotnost/ tukuprostá hmota a tělesná výška*). Nejvíce ovlivňuje výsledky spirometrie obsah tuku _____ (*dolních končetin a trupu, horních končetin a dolních končetin, horních končetin a trupu*). U dospívajících chlapců může mít FVC s tukovou hmotou zpočátku _____ (*pozitivní/negativní*) vztah a vztah FVC se svalovou hmotou může hrát vyšší roli _____ (*v mladším/v pozdějším*) věku.