

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD**

**Ústav Fyzioterapie**

**Renata Nalezencová**

**BMI: Historie až současnost**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: MUDr. Stanislav Horák**

**Olomouc 2012**

# **ANOTACE**

## **Bakalářská práce**

**Název práce:**

BMI: Historie až současnost

**Název práce v AJ:**

BMI: History to present

**Datum zadání:** 2012-01-30

**Datum odevzdání:** 2012-05-04

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta zdravotnických věd  
Ústav fyzioterapie

**Autor práce:** Nalezencová Renata

**Vedoucí práce:** MUDr. Stanislav Horák

**Oponent práce:** Mgr. Anita Můčková

**Abstrakt v ČJ:**

Bakalářská práce je shrnutím poznatků o body mass indexu. Jedná se o objektivní náhled do problematiky hodnocení tělesné konstituce pomocí body mass indexu a jeho porovnání s alternativními metodami.

**Abstrakt v AJ:**

The Bachelor Thesis is a summary of findings about Body Mass Index. It provides an objective view into the issue of assessment of body composition using Body Mass Index and its comparison with other alternative techniques.

**Klíčová slova v ČJ:**

Body mass index, tělesná konstituce, obezita, BMI a děti, BMI a amputace, nevýhody BMI, metody hodnocení tělesné konstituce

**Klíčová slova v AJ:**

Body mass index, body composition, obesity, BMI and children, BMI and amputation, disadvantages BMI, methods for assessment of body composition

**Rozsah:** 57 stran, 5 příloh

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením MUDr. Stanislava Horáka a ve své práci jsem použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 2. května 2012

---

podpis

Děkuji MUDr. Stanislavu Horákovi za odborné vedení mé bakalářské práce, cenné rady a čas. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu a trpělivost.

## OBSAH

ÚVOD .....	7
1 TĚLESNÁ KONSTITUCE .....	8
2 OBEZITA .....	11
3 BODY MASS INDEX .....	13
3.1 Historie a základní údaje .....	13
3.2 Obezita a hodnocení body mass indexu u dětí .....	14
3.3 BMI pro osoby po amputaci končetin .....	17
3.4 Nevýhody hodnocení dle BMI .....	18
4 ALTERNATIVNÍ METODY MĚŘENÍ TĚLESNÉ KONSTITUCE.....	22
4.1 Hmotnostní indexy .....	22
4.2 Metody měření rozložení tukové tkáně .....	24
4.2.1 Antropometrické metody.....	24
4.2.2 Zobrazovací metody .....	25
4.3 Metody měření složení těla .....	26
4.3.1 Antropometrie .....	26
4.3.2 Referenční metody .....	28
4.3.3 Metody založené na vodivosti těla .....	31
4.3.4 Stanovení obsahu vody.....	32
4.3.5 Stanovení intracelulárního tuku.....	32
5 DISKUZE.....	34
ZÁVĚR.....	39
REFERENČNÍ SEZNAM.....	41
www zdroje: .....	42
SEZNAM ZKRATEK .....	50
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	51
SEZNAM TABULEK.....	52
SEZNAM PŘÍLOH .....	53
PŘÍLOHY.....	54

## ÚVOD

Vývoj dnešní společnosti z hlediska tělesné konstituce směřuje ke dvěma extrémům. Na jedné straně je ideálem krásy až patologická štíhlost a na druhé straně stojí velký nárůst obézní populace. Nejvíce problematický se zdá však dopad těchto dvou extrémů na děti a adolescenty.

Hodnocení tělesné konstituce prodělalo svůj historický vývoj. Správné posouzení stavby těla je důležitým aspektem pro diagnostiku obezity a jejího stupně. Důraz na správnost je kladen zejména pro vyhodnocení rizik vzniku onemocnění vyplývajících z obezity.

Body mass index hraje velkou roli v hodnocení tělesné konstituce a značná část společnosti bere ohled na hodnocení dle stanovených hodnot. U posuzování je třeba rozlišovat, zda se jedná o dítě či dospělého jedince, protože body mass index je u těchto dvou skupin odlišný. Zatímco se v dětském věku vyhodnocuje dle růstových grafů, u dospělých se vychází z tabulky hodnot stanovených WHO. Stanovené hodnoty však nemusí být odpovídající skutečnosti. Proto se hlavním cílem této bakalářské práce stává posouzení využitelnosti body mass indexu pro hodnocení tělesné konstituce. Pro objektivní náhled je zapotřebí zmínit i jeho nevýhody, které nejsou zanedbatelné.

Vzhledem k nevýhodám a z nich vyplývajícimu nepřesnému zhodnocení tělesné konstituce je třeba uvažovat o jiných metodách hodnocení. Proto se v části bakalářské práce uvádí i přehled alternativních metod měření. Tyto metody jsou založené na různém podkladě. Jedná se buď o antropometrická měření, referenční metody, zobrazovací metody, nebo o metody zjišťující různými způsoby množství tukuprosté a tukové tkáně. Pro posouzení a lepší náhled na výhody a nevýhody body mass indexu je třeba porovnat tyto alternativní metody s body mass indexem a následně zhodnotit jeho schopnost správně či nesprávně posoudit tělesnou konstituci jedince.

# 1 TĚLESNÁ KONSTITUCE

Tělesná konstituce člověka je dána několika ukazateli, mezi které patří délka kostí, rozvoj muskulatury, množství a rozložení podkožního tuku. Vliv na výsledný vzhled má dědičnost a prostředí, které se podílí na vývoji jedince. Genetická predispozice je určujícím faktorem až ze 70 %. U tukové tkáně je dědičně podmíněné rozvrstvení a lokalizace, nikoli množství. Do vlivů prostředí řadíme zejména složení výživy, její kvalitu a množství, výchovu, sociologicko - ekonomickou úroveň, důležitou složku tvoří pohybová aktivita (Valenta, 2008, s. 10, 12).

Tělesná konstituce je silně individuálním znakem, proto nelze najít dvě naprosto identické osoby z hlediska morfologie. Přesto se dají pozorovat určité podobné znaky a podle nich se populace rozděluje na určité typy. (Dylevský, 2009, s. 39)

Hodnocení tělesné konstituce se historicky vyvíjelo. Byly stanoveny nejrůznější škály, které charakterizují nejčastěji tři nebo čtyři vyhraněné konstituční typy. Historie sahá až do antiky, kdy Hippokrates definoval dva krajní typy habitus phthisicus a habitus apoplecticus. První jmenovaný označuje jedince štíhlého, náchylného k souchotinám, druhý pak obtlouzlého, náchylného k mrtvici. Nejstarším hodnocením novověku je rozdělení z roku 1797 dle J. N. Hallé na typ abdominální, muskulární, torakální a cefalický. Další jsou dělení například dle L. Rostana (1828), který hodnotil populaci na typy zaživací, svalový, cerebrální a dechový. Na něho poté navázali G. Sigaud (1908) a L. Mac Auliffe. L. Manouvrier (1902) rozlišoval typy mikroskeletální, mezoskeletální a makroskeletální. T. Brugsche (1916) posuzoval lidi podle hrudníku. G. Vlola (1919) pak na základě antropometrických metod, kdy se zabýval objemem hrudníku a délkou končetin, stanovil krajní typy longityp, normotyp a brachytyp. Dle jeho teorie byl možno určovat i typy přechodné a tak rozšířil škálu na 18 různých typů, tzv. mixotypy (Demetrovič I., 1988, s. 261; Riegrová, Ulbrichová, 1998, s. 49).

Jedno z nejznámějších hodnocení je podle E. Kretschmera, který popsal v roce 1925 nejen konstituční typy pyknický, atletický, leptozornní a dysplastický, ale definoval i psychotypy cyklotym a schizotym. Tento typ dělení se uplatňuje zejména v psychiatrii, protože byly popsány vztahy mezi konstitučním typem a predispozicí

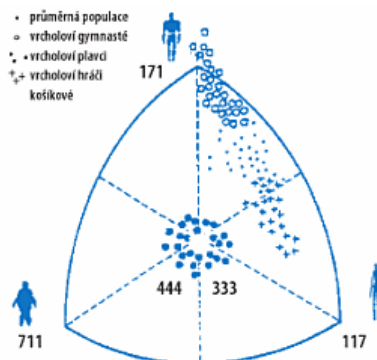


k určité psychické poruše (Demetrovič I., 1988, s. 261; Dylevský, 2009; s. 40; Riegrová, Ulbrichová, 1998, s. 49).

V roce 1940 W. H. Sheldon zavedl pojem somatotyp. Sheldon rozdělil tělo na tři složky podle zárodečných listů. Endomorfní složka vyjadřuje množství tělesného tuku. Mezomorfní znázorňuje vývin kosterního svalstva a kostry. Ektomorfní složka pak charakterizuje délku částí těla. Jejich poměr determinuje morfofenotyp, který se s dosažením dospělosti mění pouze pod vlivem vnějších podmínek (Riegrová, Ulbrichová, 1998, s. 54). Somatotyp určíme čísly, která vyjadřují poměr jednotlivých složek u daného jedince. Například extrémní endomorf by se ohodnotil čísly 711, mezomorf pak 171 a ektomorf 117. Krajních typů však existuje velmi málo. Hodnocení pomocí čísel pomáhá ohodnotit i přechodné typy, u kterých je zřejmá inklinace k některému typu (Demetrovič II., 1988, s. 141; Dylevský, 2009, s. 41; Riegrová, Ulbrichová, 1998, s. 54, 55). Dylevský (2009, s. 41) uvádí následující příklad. Pokud by byl někdo ohodnocen 354, znamenalo by to, že převahu má složka mezomorfní, velký podíl vykazuje i složka ektomorfní a složka endomorfní je vůči druhým potlačena. Jednalo by se o člověka způsobilého k fyzickým výkonům.

Aby mohlo proběhnout hodnocení somatotypu dle Sheldona, je zapotřebí provést kvalitní antropometrická měření. Měří se tělesná hmotnost, výška, čtyři kožní řasy, obvod paže a lýtko. Tyto údaje se dále vyhodnocují podle daných tabulek a výpočtů. K přehledné orientaci mezi jednotlivými typy byl zaveden somatograf (obrázek č. 1). Na Sheldona navázali pak Heathová a Carter (Demetrovič II., 1988, s. 141; Dylevský, 2009, s. 42; Riegrová, Ulbrichová, 1998, s. 55, 56).

Obrázek 1 Sheldonův somatograf (Dylevský, 2009, s. 42)



171 – izomorfní typ; 711 – endomorfní typ; 117 - ektomorfní typ; 444 – všechny složky vyrovnané, vyšší čísla → inklinace k endomorfnímu typu, 333 – všechny složky vyrovnané, nižší číslo → inklinace k ektomorfnímu typu

U žen se tělesná konstituce může více specifikovat vzhledem k rozložení tuku. Pokud je tuk uložen více v horní části těla, hovoří se o typu superioriálním, k němuž je opakem typ inferiorní, kde lze pozorovat výraznější uložení tukové tkáně v oblasti stehen a hýždí. Dalšími protiklady jsou typ trunciální a extremitální, kdy je více tukové tkáně buď na trupu, nebo na končetinách. Dále se rozeznávají ženy typu mammálního, které mají převahu tukové tkáně v oblasti prsou, a trochanterického. Tyto ženy mají tukovou tkáň uloženou především na bocích. Za normu se považuje harmonické rozložení tuku. Pokud se ale jedná o obezitu, u které není zvýrazněná některá část těla, hovoříme o typu rubensovském (Valenta, 2008, s. 14).

## 2 OBEZITA

Tuková tkáň funguje významně jako zásobárna energie, dále jako mechanická ochrana orgánů a v neposlední řadě jako tepelný izolátor. Základními buňkami jsou adipocyty, které tvoří dva druhy tukové tkáně – bílou a hnědou. Tuková tkáň je mimo jiné producentem hormonů, mezi které patří leptin, adiponektin, rezistin, estradiol, angiotensin a některé další (Langmeier, 2009, s. 187).

Nadměrné ukládání tuku v těle označujeme jako obezitu. Normální množství tuku v těle se liší u mužů a u žen. Pro muže se bere jako norma 20 – 25 %, kdežto u žen 25 – 30 % tuku v organismu (Svačina, 2000, s. 12).

Obezita je celospolečenským problémem současnosti. Světová zdravotnická organizace ji označuje za epidemii nového tisíciletí. Jedná se o nejčastější metabolickou poruchu. (Hainer aj., 2011, s. 1, 15)

Obezita může být také jedním z klinických projevů některých endokrinopatií, jako je například hypothyreóza, Cushingův syndrom nebo hypogonadismus. Obvykle se ale obezita projevuje jako „primární“ onemocnění. Její původ je multifaktoriální. Jedná se o poruchu regulace homeostázy energie (Kaňková, 2005, s. 40).

Regulace energetické rovnováhy probíhá jak dlouhodobými, tak i krátkodobými mechanismy. Rozhodující roli má hypothalamus, ve kterém se nachází centra hladu a sytosti. Celá regulace je zajištěna souhrou senzorů tukové tkáně, hypothalamu a efektorů zajišťujících optimální odpověď organismu. Ukazatelem je množství leptinu, které odpovídá množství tukové tkáně. Zvýšená hladina leptinu v krvi snižuje chuť k jídlu. U obézních se hovoří o leptinové rezistenci, tím jsou poškozeny již zmíněné senzory, a proto nelze očekávat odpovídající metabolickou odpověď (Poděbradská, 2011, s. 50, 51).

Tukové buňky se vyskytují v nejhlubší vrstvě kůže. Rozložení je řízeno pohlavními hormony, proto je jinak charakteristické pro muže a ženy (Rokyta, Marešová, Turková, 2002, s. 114).

U obézních jedinců se nachází, kromě tuku v podkoží, i zvýšené množství tukové tkáně intraabdominálně neboli viscerálně. Intraabdominální tuková tkáň se rozděluje podle lokalizace na retroperitoneální a intraperitoneální. Viscerálnímu tuku je svým charakterem podobná i hluboká vrstva subkutánní abdominální tukové tkáně.

Tuk se ale objevuje i přímo v orgánech. Největší riziko jeho výskytu je ve svalech a játrech, protože v těchto lokalizacích dochází k ovlivnění inzulinové senzitivity (Hainer aj., 2011, s. 172; Kaňková, 2005, s. 40).

Jak již bylo zmíněno, tukové buňky vykazují i hormonální funkci. Největší aktivitu lze pozorovat u preadipocytů, které připomínají imunitní buňky. Mohou se tedy měnit na makrofágy a napadat bílou tukovou tkáň. Tuková tkáň, zejména viscerální, je chronicky metabolicky aktivní a stává se tak i zdrojem chronického zánětu v organismu. Tento zánět je jedním z typických příznaků metabolického syndromu a zvyšuje tak rizika dalších komplikací, jako např. diabetu mellitu 2. typu nebo kardiovaskulárních nemocí (Poděbradská, 2011, s. 51).

Dle poměru pas/boky či měřením obvodu pasu se obezita kvalitativně dělí na typ androidní a gynoidní (viz příloha 1, 2). U typu androidního lze pozorovat vyšší riziko metabolických komplikací, vzhledem k zvýšenému ukládání tukové tkáně viscerálně. Proto jsou již zmíněná rizika úměrná obvodu pasu a díky tomu se mohou objektivně klasifikovat na mírná a výrazná tak, jak je uvedeno v tabulce 1 (Svačina, 2002, s. 17 - 18).

Tabulka 1 Hodnocení rizika metabolických komplikací dle měření obvodu pasu (Svačina, 2002, s. 18)

	<b>mírné</b>	<b>výrazné</b>
<b>Ženy</b>	nad 80 cm	nad 88 cm
<b>Muži</b>	nad 94 cm	nad 102 cm

## 3 BODY MASS INDEX

### 3.1 Historie a základní údaje

Body mass index byl definován doktorem Adolphem Queteletem. Doktor Quetelet se narodil v roce 1796 v Gentu, v Belgii. Získal několik titulů a to v oboru matematiky, astronomie a sociologie. Doktor Quetelet hodnotil belgickou mužskou populaci a na základě měření stanovil index tělesné hmotnosti. První přednesení odborné veřejnosti se konalo v roce 1853. Doktor Quetelet zemřel v roce 1876 (Palma, Pittard, 2002, s. 3).

Index se neujal a upadl téměř na 150 let v zapomnění. Svou renesanci prodělal až na konci dvacátého století, kdy se stal jedním z hlavních ukazatelů obezity. Před rokem 1990 byl pouze v povědomí fyziologů jako jedna z možností pro hodnocení nadváhy a obezity (Hainer aj., 2011, s. 4; Palma, Pittard, 2002, s. 3).

BMI je celosvětově používanou metodou k hodnocení obezity. Jeho oblíbenost plyne z jednoduchosti výpočtu, možnosti měření bez pomůcek či lékařského dohledu, protože k určení BMI stačí pouze váha a tělesná výška. Z jeho jednoduchosti ovšem vyplývají i nepřesnosti a nevýhody, o kterých bude pojednáno dále (Poděbradská, 2011, s. 51).

Body mass index by neměl být jedinou diagnostickou metodou, která by rozhodovala o nadváze či obezitě. Vhodné je ho použít jako kontrolu a porovnání, popřípadě se ukazuje jako první varování, že něco není v pořádku. Dále by ale měla navazovat nejrůznější vyšetření a přesnější měření, která nadváhu nebo obezitu vyvrátí či potvrdí. Velkou výhodou je přehlednost pro běžnou populaci i pro lékaře. Index tělesné hmotnosti se vypočítá dle vzorce:

$$BMI = \frac{m}{v^2}$$

kde  $m$  znamená tělesnou hmotnost v kilogramech a  $v$  tělesnou výšku v metrech.

Výsledné číslo se porovnává podle hodnot z následující tabulky (tabulka 2, s. 14), (anonym, [online]).

Tyto hodnoty platí pro dospělé od dvaceti let. Pro děti se hodnocení BMI odlišuje. U starších 65 let se dává přednost vyššímu BMI v rámci ochrany před

osteoporózou. U těchto lidí je za normu považována hodnota indexu v rozmezí 25 – 27 kg/m<sup>2</sup> (Vorvick, [online]).

Tabulka 2 Hodnocení klasifikace nadváhy a podváhy na základě BMI dle WHO, 2007 (Bienertová-Vašků, 2009, s. 12)

<b>klasifikace</b>	<b>základní hodnoty</b>	<b>rozšířené hodnoty</b>
<b>Podváha</b>	< 18,50	< 18,50
těžká podváha	< 16,00	< 16,00
střední podváha	16,00 - 16,99	16,00 - 16,99
mírná podváha	17,00 - 18,49	17,00 - 18,49
<b>Normální hmotnost</b>	18,50 - 24,99	18,50 - 22,99
		23,00 - 24,99
<b>Nadváha</b>	≥ 25,00	≥ 25,00
pre - obezita	25,00 - 29,99	25,00 - 27,49
		27,50 - 29,99
<b>Obezita</b>	≥ 30,00	≥ 30,00
obezita třída I	30,00 - 34,99	30,00 - 32,49
		32,50 - 34,99
obezita třída II	35,00 - 39,99	35,00 - 37,49
		37,50 - 39,99
obezita třída III	≥ 40	≥ 40

Kokaisl (2007, s. 45) rozlišuje hraniční hodnoty BMI pro ženy a muže. Ideální hodnoty pro ženy jsou podle této publikace o jedno celé číslo menší, než platí dle tabulky WHO s výjimkou podváhy. To znamená, že normální hmotnost pro ženy je mezi 18,5 – 23,99 hodnoty BMI apod.

### 3.2 Obezita a hodnocení body mass indexu u dětí

V roce 1993 bylo Světovou zdravotnickou organizací provedeno přezkoumání antropometrických měření z konce 70. let 20. století. V roce 2003 byly stanoveny nové růstové grafy s mezinárodní platností pro hodnocení vývoje a růstu dětí. Pro objektivizaci grafů musely být vybrány děti všech etnických skupin z různých kultur. Po změření určitého vzorku se vyhodnotila průměrná hodnota a vypočítala se

určitá odchylka, která určuje normu. Tyto normy jsou vhodné pro hodnocení dětí do pěti let věku (Onis De aj., 2007, s. XV).

Obezita se vyskytuje u 5 – 10 % dětí. Počet obézních dětí se od roku 1991 v České republice zdvojnásobil a to by mělo být velkou hrozbou pro celou společnost. Rizika velké škály onemocnění se u dětské obezity výrazně zvyšují. Jde nejen o kardiometabolický syndrom, ale přidružují se i onemocnění respirační, gastrointestinální, endokrinologické, ortopedické a další. Nelze také opomenout psychosociální stránku obezity (Marinov aj., 2011, s. 7).

Nejvýznamnější roli v boji s obezitou hraje u dětí prevence. Pokud ale nastane situace, kdy je na prevenci již pozdě, mělo by se s léčbou obezity začít co nejdříve, aby se předešlo ireverzibilním změnám v mladém organismu. Jednu z nejdůležitějších funkcí v léčbě má rodina (Marinov aj., 2011, s. 7).

Body mass index u dětí se odráží od přesně definovaného tělesného měření. Odlišuje se měření dětí do dvou let a starších. U dětí do dvou let se přidává k hmotnosti a délce těla ještě obvod hlavy. Prospívání dětí ve všech kategoriích se hodnotí podle grafů. Tyto grafy se obnovují každých deset let. BMI se počítá dle stejného vzorce jako u dospělých, ale hodnotí se podle percentilů tak, jak je uvedeno v tabulce 3. U hodnocení podle grafů je rozlišováno pohlaví dítěte, protože tělesný vývoj se liší u chlapců a dívek (viz příloha 3, 4), (anonym b, [online]).

Tabulka 3 Hodnocení BMI a tělesné výšky dle percentilů (anonym b, [online])

<b>Percentilové pásmo</b>	<b>Hodnocení tělesné výšky</b>	<b>Hodnocení BMI</b>
97 <	velmi vysoké	obézní
90 – 97	vysoké	nadměrná hmotnost
75 – 90	vyšší	robustní
25 – 75	střední	proporční
10 – 25	menší	štíhlé
3 – 10	malé	nízká hmotnost
< 3	velmi malé	hubené

Pro děti do 5 let je vhodnější využít pro hodnocení graf, kde na jedné ose je tělesná hmotnost a na druhé tělesná výška, než graf, na kterém je znázorněno BMI. Body mass index může být zkreslen zejména v období rychlého dospívání chlapců,

kdy se proporcčně mění a může přibývat svalové hmoty na úkor tukové tkáně. Vhodné je proto u dětí s rizikem obezity provádět další ozřejmující vyšetření (anonym b, [online]).

Ve Spojených státech byla vypracována velká studie shrnující BMI dětí ve věkovém spektru od novorozenců až po devatenáctileté adolescenty. Obézní děti mají předpoklady pro to, být obézními i v dospělosti. Rizika pro onemocnění kardiovaskulárními onemocněními, diabetem a některými typy rakoviny se pro ně rapidně zvyšují. V dětství se již může objevit zvýšená hladina lipidů a hypertenze. Od roku 1980 se v USA počet dětí školního věku a dospívajících s BMI nad 95. percentil ztrojnásobil na 17%. 12% dětí je přitom nad 97. percentilem a 35% nad 85. percentilem. Nárůst obezity u dětí odpovídá statisticky nárůstu obézních dospělých. Studie dětské obezity se snaží poukázat na nutnost prevence, změny ve školním systému zejména v oblasti sportu a výživy a v neposlední řadě změnu vlivu prostředí, jako jsou reklamy na jídlo apod. (Ogden aj., 2010, s. 242, 247, 248).

V Dánsku byla provedena velká kohortová studie zkoumající vliv dětského BMI na riziko ischemické choroby srdeční v dospělosti. Do studie byly zařazeny děti, které se narodily od roku 1930 do roku 1976. Tyto děti byly měřeny v rámci školních prohlídek a následně byly zaevidovány do registrů, kde se sledovaly jejich anamnézy a případně prodělaná ischemická choroba nebo jiné kardiovaskulární onemocnění. Poslední údaje z registru byly odebrány v roce 2001 a uveřejněny byly v roce 2007. BMI byl hodnocen u chlapců ve věku 7 – 13 let a u dívek 10 – 13 let. Zjistilo se, že i malé zvýšení tělesné hmotnosti ovlivňuje možný vznik ICHS. S přibývajícím věkem riziko postupně narůstá. Proto je důležitá terapie obezity nejlépe do třinácti let věku (Baker, Olsen, Sørensen, 2007, s. 2330, 2333, 2334).

Tomu také odpovídají výsledky studie, která zkoumala vztahy mezi obezitou v dětství, v dospělosti a riziky kardiovaskulárních onemocnění. Nejvyšší predispozici ke kardiovaskulárním nemocem mají lidé, kteří trpí obezitou od dětství až do dospělosti. Ačkoliv rizika u lidí trpících obezitou až v dospělosti jsou také vysoká. Bylo ale zjištěno, že pokud se BMI u obézních dětí normalizuje ideálně nejpozději ve věku 12 – 15 let, dá se předpokládat, že se u nich objeví kardiovaskulární onemocnění se stejnou pravděpodobností jako u lidí, kteří měli normální BMI v dětství i v dospělosti (Juonala aj., 2011, s. 1876).



### 3.3 BMI pro osoby po amputaci končetin

Hodnocení dle BMI je vhodné zvážit u osob s amputovanými končetinami. Existují speciální výpočty BMI pro tyto jedince. Je třeba amputace rozlišovat na několik druhů, podle toho jak ovlivní BMI. Prvním typem je amputace na jedné končetině. Tento druh amputace nemění tělesnou výšku pacienta. Druhým typem jsou amputace, které výšku pacienta mění. Jedná se o amputaci obou dolních končetin, které dále lze dělit na amputace ve stejné výšce či výšce rozdílné (Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 69).

Pro výpočet BMI je nutné znát hmotnost odejmuté části těla. Ta se dá zjistit několika způsoby. Jedním je zvážení odstraněné končetiny ihned na operačním sále. Druhým zvážení pacienta těsně před operací a po operaci, jednoduchým výpočtem se tak dá zjistit, kolik snesená část těla vážila. Proběhla i různá měření na kadaverózních tělech, kde vědci zkoušeli vážit části amputované v různé výšce na dolních končetinách (Mozumdar, Roy, 2004, s. 868).

Při výpočtu BMI je nejprve třeba vypočítat váhu pomocí rovnic. V těchto rovnicích se pracuje s váhou celého těla po amputaci, před amputací a váhou, o kterou se váha celého těla při amputaci snížila. Udává se, že při amputaci v oblasti kotníku ztrácí jedinec 1,5% ze své celkové váhy, při amputaci transtibiálně je to pak 4,4% a 10,1% ztratí, pokud je amputace vykonána v oblasti stehna (Mozumdar, Roy, 2004, s. 870).

Pokud se jedná o amputaci pouze jedné končetiny, snadno lze vypočítat délku snesené části při předpokladu, že končetiny byly stejně dlouhé. Jedná-li se o amputaci obou končetin, délka končetin se počítá pomocí výšky měřené v sedu a délky horních končetin. V dnešní době je možné použít počítačové programy, na kterých lze vypočítat předpokládanou délku končetin opět pomocí výšky v sedu, délky horních končetin a délky pahýlu (Mozumdar, Roy, 2004, s. 870, 871; Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 74).

BMI se následně vypočítá podle klasického vzorce. Nejprve se vypočítá BMI před amputací, poté po amputaci a vypočítá se BMI i pro amputovanou část těla. S těmito hodnotami se poté pracuje. Porovnává se BMI před amputací se součtem BMI po amputaci a s BMI amputované části a podobně. Bylo zjištěno, že aktuálnímu stavu v porovnání s metodou tělesných obvodů lépe odpovídá hodnota BMI před amputací

(Mozumdar, Roy, 2004, s. 871, 874; Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 74).

Body mass index u osob po amputaci je vždy, zvláště pak u pacientů po amputaci obou končetin, otázkou určité nepřesnosti. Je lepší zvolit jinou metodu pro hodnocení tělesné konstituce takových jedinců (Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 74).

### **3.4 Nevýhody hodnocení dle BMI**

BMI se používá velmi často k hodnocení tělesné konstituce, výsledky ovšem nemusí být vždy objektivní a správné. Objevuje se mnoho faktorů, které mají na hodnocení dle BMI negativní vliv, přestože bylo ověřeno jako nejpodobnější svými výsledky k výsledkům naměřených pomocí denzitometrie. Je třeba si uvědomit mimo jiné, že nelze hodnotit celou populaci podle jednoho měřítka a stanovených hodnot, ačkoliv je dané určité rozmezí. Mezi nejdůležitější faktory, které je třeba uvažovat, je věk měřené osoby, pohlaví, celková tělesná konstituce a další (Prentice, Jebb, 2001, s. 141; Rothman, 2008, s. 56; Wolin, Petrelli, 2009, s. 26).

Ve studii z roku 2001, která porovnávala výsledky měření bioelektrické impedance a body mass indexu pod kontrolou duální rentgenové absorpciometrie, bylo zjištěno, že při hodnocení BMI bylo 8% mužů a 7% žen neadekvátně zařazeno mezi obézní populaci. Závažnější ale bylo zjištění, že 41% mužů a 32% žen bylo považováno za populaci s normálními hodnotami BMI, ale procento tuku v jejich těle odpovídalo nadváze až obezitě (Deurenberger aj. in Rothman, 2008, s. 57).

Nejvíce nepřesností je závislých na skutečnosti, že BMI nehodnotí množství tukové a svalové tkáně. Proto jsou např. sportovci velmi často dle BMI zařazeni do skupiny populace s nadváhou nebo dokonce s obezitou. Nejedná se ovšem pouze o sportovce, ale takové příklady nepřesností v hodnocení lze pozorovat i v běžné populaci. A naopak tuková tkáň v organismu už může přesáhnout ideální množství a přesto, kvůli nedostatečnému svalovému aparátu, je jedinec dle BMI zařazen do skupiny s normální hodnotou. BMI neudává ani lokalizaci tukové tkáně v organismu. Kvůli nedostatečnému hodnocení tukové a tukuprosté tkáně se BMI stává neobjektivním a nesprávným pro vyhodnocení tělesné konstituce měřené osoby.

Nelze poté ani zvažovat možná rizika onemocnění vyplývajících z obezity (Prentice, Jebb, 2001, s. 142, 144; Rothman, 2008, s. 56, 57; Wolin, Petrelli, 2009, s. 24).

BMI může ovlivnit také délka končetin. Váha končetin je celkem vysoká a dá se předpokládat, že jedinec s delšími končetinami bude mít vyšší váhu a tím i BMI než jedinec, který má končetiny proporčně kratší (Gallagher, 1996, s. 235, 236).

Jednou z nevýhod BMI, kterou lze však nejlépe ovlivnit, je to, že se jedná o metodu měření vlastního těla. Odchytky tedy mohou vzniknout již přímo při zjišťování tělesné hmotnosti a výšky. Lidé mají tendenci výšku nadhodnocovat a na váze si ubírat. Už v této základní rovině mohou vzniknout nepřesnosti. Proto je vhodné provádět měření tělesné hmotnosti kontrolovaně (Wolin, Petrelli, 2009, s. 26).

Problematické se jeví také to, že body mass index není specifikován zvlášť pro muže a ženy. Ženské a mužské tělo má fyziologicky jiný poměr tukové tkáně. Z toho vyplývá, že ženy budou mít vyšší podíl tuku v organismu než muži, ačkoliv budou vážit a měřit stejně. S tím je také spojená otázka toho, zda je tělesná konstituce natolik závislá na výšce těla. Důležitější než výška je již zmiňovaný poměr tukové a tukuprosté tkáně, popřípadě lokalizace tukové tkáně subkutánně či viscerálně (Rothman, 2008, s. 56; Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 66, 67).

Mezi další neopomenutelné parametry patří věk hodnocené osoby. Poměr tukové a svalové tkáně v organismu se s věkem mění. Mění se mimo jiné i hydratace organismu. S přibývajícím věkem klesá poměr tukuprosté tkáně, zejména svalů, ale probíhá i proces řídnutí kostí. Největší změny probíhají ve starším středním věku, u žen zejména v období menopauzy (Gallagher aj., 1996, s. 229; Prentice, Jebb, 2001, s. 142, 143; Rothman, 2008, s. 56). Zvýšení tukové tkáně při hodnotě BMI 23 kg/m<sup>2</sup> je průměrně u mužů o 1,0 – 1,1% a u žen o 0,7 – 1,0% za deset let (Gallagher aj., 1996, s. 235). BMI však tyto změny neregistruje. Dle body mass indexu tedy může být starší člověk počítán mezi skupinu neohroženou onemocněními vyplývajících z obezity. Ve skutečnosti mohou být rizika nemocí vysoká (Gallagher aj., 1996, s. 229; Prentice, Jebb, 2001, s. 142, 143; Rothman, 2008, s. 56).

Úbytek svalové hmoty se nazývá sarkopenie. Nemusí být pozorovatelná, pokud svalovou tkáň nahrazuje ve větším množství tkáň tuková, váha se nemusí změnit. Pokud se váha zvýší, jedná o takzvanou sarkopenickou obezitu. Primárně se sarkopenie vyskytuje u starých lidí. Jako sekundární ji lze pozorovat u chronických katabolických nemocí, jako je například revmatoidní artritida či osteoartróza. Může se

objevit po chemoterapii rakoviny prsu u žen před menopauzou, dále u pokročilého onemocnění ledvin a osob s hemodialýzou. Dále se vyskytuje u chronických neurologických poruch, jako je například Parkinsonova choroba. Sarkopenie nemusí být zjištěna pomocí váhově/výškových indexů, vzhledem k tomu, že váha pacienta se sarkopenií se nemění, mírně zvýší nebo se může dokonce snížit (Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 68).

Ve světovém měřítku je otázkou, zda je třeba uvažovat i rozdíly tělesné konstituce mezi jednotlivými rasami. Dají se pozorovat určité rozdíly mezi europoidní, negroidní a mongoloidní rasou. Je prokázáno, že kosti jedinců negroidní rasy mají větší hustotu minerálů než kosti jedinců rasy europoidní (Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 64). Některé rozdíly jsou jasně viditelné. Mongoloidní rasa je ve většině případů menší a štíhlejší. Negroidní rasu naopak charakterizuje větší výška a větší poměr svalové tkáně. O relativně přesném poměru tukuprosté a tukové tkáně u jednotlivých etnik se však vedou spory a nejrůznější studie vykazují různé výsledky (Gallagher aj., 1996, s. 236, 237; Prentice, Jebb, 2001, s. 143, 144; Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 64, 65).

Palma a Pittard (2002, s. 13) uvádí, že byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými etniky. Při hodnocení skupin jedinců stejného věku, pohlaví a podobného množství tukové tkáně vyšlo, že všechny skupiny mají s různým rozdílem nižší BMI než je běžné pro europoidní rasu. Američtí černoši měli BMI nižší o 1,3 kg/m<sup>2</sup>, Číňané o 1,9 kg/m<sup>2</sup>. Větší rozdíl byl pak zjištěn u obyvatelstva Thajska, kde rozdíl činil 2,9 kg/m<sup>2</sup> a u indonéského obyvatelstva to bylo odlišné o 3,2 kg/m<sup>2</sup>. Největší rozdíly od europoidní rasy byly pozorovány u obyvatelů Polynésie (4,5 kg/m<sup>2</sup>) a Etiopie (4,6 kg/m<sup>2</sup>).

BMI ovlivňuje i aktuální stav tkání. Problematickým pro hodnocení může být otok. Jde o poměrně častou komplikaci, ale detekce klinickými metodami je nedostatečná. Otok je nejčastěji způsoben retencí solí, a sekundárně i vody, a tím se zvyšuje objem extracelulární tekutiny, která svým městnáním může způsobit selhání srdce, cirhózu jater, nefrotický syndrom, selhání ledvin a několik forem malnutrice. Pokud se edém objeví, ovlivní váhu a tím i BMI, ačkoliv nemá spojitost s tukovou tkání. Jedná se ovšem jen o edém generalizovaný, ne o například posttraumatický lokalizovaný jen na určité části těla (Tzamaloukas, Murata, Vanderjagt in Ferrera, 2005, s. 68, 69).

Je otázkou, zda by specifikace BMI zvláště pro muže a ženy či rozdílné hodnoty pro určité rasy pomohla. Vymezení nových hodnot by stále neřešilo největší problém BMI a to, že neřeší tělesnou stavbu. Do budoucnosti by se tedy společnost měla přiklonit k využití jiných metod pro hodnocení tělesné konstituce. BMI by se tedy mělo dostat do ústraní nebo pouze jako orientační hodnota pro rizikové skupiny, nikoliv pro celou společnost (Prentice, Jebb, 2001, s. 145, 146).

## 4 ALTERNATIVNÍ METODY MĚŘENÍ TĚLESNÉ KONSTITUCE

Tělesnou konstituci lze hodnotit dle několika způsobů měření. Metody hodnocení se dělí na tři velké skupiny. První skupinou jsou hmotnostní indexy, druhou metody rozložení tukové tkáně a poslední metody měření složení těla (Hainer aj., 2011, s. 166, 167, 170).

### 4.1 Hmotnostní indexy

#### *Brockův index*

Kromě BMI existuje několik dalších indexů. Jedním z nich je Brocův index, který se vypočítá odečtením jednoho sta z hodnoty tělesné výšky měřené v centimetrech. Výsledkem je ideální hmotnost pro daného jedince, tedy pro osobu měřící 175 cm je ideální hmotností 75 kilogramů. Jednoduchým výpočtem se může zjistit, kolik by měl člověk, který váží víc než je výsledek jeho ideální hmotnosti případně zhubnout. O rozdílu hodnot skutečné a ideální hmotnosti se hovoří jako o modifikovaném Brocově indexu. Pro primitivnost výpočtu se stal velmi oblíbeným a ve srovnání s BMI obstál. Je potřeba ho však používat s jinou antropometrickou hodnotou, protože jako samostatný index vykazuje stejné nevýhody jako BMI (Kleinwächterová, Brázdová, 2001, s. 33; Kokaisl, 2007, s. 44). Tento index je nejvhodnější pro osoby v rozmezí 155 – 165 cm (Kleinwächterová, Brázdová, 2001, s. 33).

#### *Rohrerův index*

Dalším indexem je Rohrerův neboli ponderální index. Vypočítá se dle vzorce:

$$RI = \frac{m \cdot 100}{v^3}$$

kde  $m$  vyjadřuje tělesnou hmotnost v gramech a  $v$  tělesnou výšku v centimetrech. Jako normální hodnota RI pro muže se považuje výsledek 1,2 – 1,4, pro ženy je to pak 1,25 – 1,50 (Kleinwächterová, Brázdová, 2001, s. 33).

V porovnání s BMI byl v některých studiích hodnocen jako vhodnější k posouzení reálného množství tukové tkáně. Tento index nepatří mezi nejpoužívanější, jeho využití je především v oblasti neonatologie a někdy také pro hodnocení dětí a mladistvých (Bienertová – Vašků, 2009, s. 11; Kokaisl, 2007, s. 47).

### ***Bennův index***

Bennův index je popisován rovnicí:

$$BI = \frac{m}{v^p}$$

kde  $m$  vyjadřuje tělesnou hmotnost,  $v$  tělesnou výšku v metrech a  $p$  specifický populační index, který je nezávislý na výšce. Číslo, kterým se nahrazuje  $p$ , je různé pro dětský věk, u dospělých se stanovilo číslo dvě a tudíž se Bennův index vyrovnává body mass indexu. Pro výpočet hmotnostně výškového indexu u dětí se využívají růstové grafy s percentily pro BMI, Bennův index, kde se jako mocnitel používá dané číslo pro určitý věk, nebo Rohrerův index. Pro hodnocení dospělých je ze všech indexů nejpoužívanější body mass index (Bienertová – Vašků, 2009, s. 11; Fung aj., 1990, s. 516 – 519).

### ***Přehled dalších indexů***

Dále se uvádí Verdoncův index (VI) a index tělesné zdatnosti. Index tělesné zdatnosti zohledňuje kromě tělesné hmotnosti a výšky ještě obvod hrudníku. S obvodem hrudníku se počítá i index Pignet – Varvaekův. Lze také vypočítat ideální hmotnost z tělesné výšky, kdy se tělesná výška v metrech umocněná exponentem číslo dvě vynásobí u žen číslem 20,8 a u mužů číslem 22,0 (Kleinwächterová, Brázdová, 2001, s. 33 - 34).

## 4.2 Metody měření rozložení tukové tkáně

Na co nejpřesnější měření a hodnocení rozložení tukové tkáně v těle by se měl klást velký důraz. Dle poměru viscerálního a subkutánního tuku je možné odhadnout rizika metabolického syndromu a dalších komplikací obezity, která jsou výrazná především u intraabdominální obezity (Hainer aj., 2011, s. 170).

### 4.2.1 Antropometrické metody

#### *Obvod pasu*

Mezi nejpoužívanější metody patří měření obvodu pasu a boků, ze kterých se následně může vypočítat poměr pas/boky (waist – hip ratio - WHR) a pas/výška. Poslední zmíněný poměr se však používá výjimečně. Je vhodný spíše pro hodnocení dětí a vztahů mezi různými populacemi. Samostatné hodnoty obvodu pasu se užívá k diagnostice metabolického syndromu. U mužů by neměl být obvod pasu větší než 94 centimetrů, u žen je hraniční hodnota stanovena na 80 centimetrů. Podrobněji jsou hodnoty rozlišeny v tabulce 1 (viz str. 12). Obvod pasu se v klinické praxi měří buď krejčovským metrem nebo novějšími metodami jako je CT či NMR. Tyto dvě metody jsou přesnější a rozlišují detailně podíl tuku viscerálně a subkutánně. Obvod pasu se měří v polovině vzdálenosti mezi posledním žebrem a crista iliaca. Asijsí vědci však navrhují snížení rizikové hranice pro muže na 87 - 90 centimetrů, protože rizikové faktory u asijské populace se objevují již u nižších hodnot obvodu pasu (Hainer aj., 2011, s. 170 – 171; Špínar aj., 2008, s. 36).

#### *Poměr pas/boky*

Poměr pas/boky se vypočítá vydělením hodnot obvodu pasu a obvodu boků. Tímto poměrem se přesněji určuje distribuce tuků v těle. Klasifikace je popsána v tabulce 4 (s. 25). Tento poměr se na rozdíl od obvodu pasu nepoužívá u hodnocení dětí. Pro děti jsou stanoveny tabulky s hodnotami ideálního obvodu pasu k určitému



věku. Tělesná výška v těchto hodnoceních nehraje roli (Bienertová – Vašků, 2009, s. 10).

Tabulka 4 Klasifikace WHR pro hodnocení typu rozložení tělesného tuku (Kokaisl, 2007, s. 46)

<b>Kategorie</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Spíše periferní	x - 0,84	x - 0,74
Vyrovnaná	0,85 – 0,89	0,75 – 0,79
Spíše centrální	0,90 - 0,94	0,80 – 0,84
<b>Centrální (riziková)</b>	<b>0,95 - x</b>	<b>0,85 – x</b>

#### 4.2.2 Zobrazovací metody

##### *Počítačová tomografie a magnetická rezonance*

K zjištění rozložení tělesného tuku zobrazovacími metodami používáme zejména počítačovou tomografii (CT) a nukleární magnetickou rezonanci (NMR). Tyto metody jsou nejlepšími ukazateli složení těla v jednotlivých vrstvách, pro hodnocení se nejčastěji používá příčný snímek pořízený v oblasti čtvrtého bederního obratle. Jejich velkou nevýhodou je finanční nákladnost přístrojů i samotného vyšetření, proto se používají za účelem zjištění tělesné konstituce jen ve specializovaných centrech (Hainer aj., 2011, s. 172).

Obě metody umožňují náhled do vícevrstevných snímků, kde lze rozlišit kosti, příčně pruhované svaly, jednotlivé orgány a mozek. Mimo jiné se na nich dá poznat množství intraabdominálního a subkutánního tuku. Pro hodnocení rozložení tukové tkáně je podstatné to, že její množství je viditelné i mezi svalovými vlákny a mezi orgány (Heymsfield aj., 1997, s. 131).

Nevýhodou CT je zátěž rentgenovým zářením, proto by se vždy mělo uvážit, zda je její použití k hodnocení tukové tkáně nezbytné, zvláště potom u dětí. Oproti NMR má však větší rozlišovací schopnost a více se zvýrazní intraabdominální tuková tkáň (Brambilla in Davis, Cole, 1995, s. 38, 39).

### ***Další zobrazovací metody***

Dále lze k hodnocení rozložení tukové tkáně použít duální rentgenové absorpciometrie a bioelektrické impedance, o kterých bude pojednáno v následující podkapitole. Dříve se využívalo ke stanovení množství intraabdominální tukové tkáně ultrazvukových vln o frekvenci 3,5 MHz. U této metody je třeba změřit vzdálenost mezi přední stranou aorty a vnitřní plochou musculus rectus abdominis. Vzhledem k obtížnosti měření se od této metody již upustilo (Hainer aj., 2011, s. 172).

## **4.3 Metody měření složení těla**

Metody pro měření složení těla nám ukazují množství nejen tukové tkáně, ale i beztukové tělesné hmoty, kostních minerálů, vody a dalších. Dělí se na metody antropometrické, referenční metody, mezi které patří hydrodenzitometrie, pletyzmografie, duální rentgenová absorpciometrie (DEXA), CT, NMR a další. Velkou součástí metod pro měření složení těla tvoří metody založené na vodivosti těla, do kterých řadíme bioelektrickou impedanci a celotělovou elektrickou vodivost. Do této skupiny metod také řadíme stanovení obsahu vody a intracelulárního tuku v organismu (Hainer aj., 2011, s. 167 – 170).

### **4.3.1 Antropometrie**

Základní metodou antropometrického měření je levná a velmi jednoduchá metoda měření tloušťky kožní řasy kaliperem (viz příloha 5). Tato metoda vychází z předpokladu, že množství subkutánní tukové tkáně poukazuje na množství tuku v celém organismu. Měří se na několika daných místech na končetinách i trupu (Bienertová – Vašků, 2009, s. 10; Cole, Rolland-Cachera in Burniat aj., 2002, s. 12; Pařízková, Lisá, 2007, s. 73, 74). U nás se měří nejčastěji deset kožních řas. Jejich přehled je v tabulce číslo 5 (s. 27) (Pařízková, Lisá, 2007, s. 73). Nejčastěji se využívá k hodnocení řasa tricipitální, subscapulární a suprailická. Důležité je uchopit při

měření pouze kůži a nezahrnovat do měření svaly (Bienertová – Vašků, 2009, s. 10; Cole, Rolland-Cachera in Burniat aj., 2002, s. 12; Pařízková, Lisá, 2007, s. 73, 74).

Tabulka 5 Lokalizace pro měření kožních řas (Pařízková, Lisá, 2007, s. 74; Hainer aj., 2011, s. 167).

1. Tvář	Pod spánkem ve výši poloviny tragu, horizontálně
2. Krk	V podbradku nad jazykou, horizontálně
3. Hrudník I	V přední axilární řase, v průběhu m. pectoralis major - diagonálně
4. Triceps	V poloviční vzdálenosti acromion – olecranon, vertikálně
5. Subskapulární	Pod dolním úhlem lopatky, v průběhu žebra – šikmo
6. Hrudník II	V průběhu 10. žebra ve střední axilární čáře, šikmo
7. Suprailiacká	Nad crista iliaca ve střední axilární čáře, šikmo
8. Břicho	V polovině vzdálenosti mezi SIAS a pupkem, šikmo
9. Stehno	Nad patelou, vertikálně
10. Lýtko	Pod popliteální jamkou, vertikálně

Hodnoty naměřené kaliperem se dále dosazují do speciálních rovnic pro výpočet celkového procenta a absolutního množství tuku v organismu. Tyto rovnice byly stanoveny pro české děti, až následně pro děti z jiných států. Rovnice je třeba aktualizovat dle vývoje populace. Rozlišuje se více typů měření kožních řas, obvykle podle toho, kolik je zapotřebí kožních řas změřit (Pařízková, Lisá, 2007, s. 73).

Kaliperací lze určit procento tělesného tuku s odchylkou pouhých 3,5 – 5%. Kalipery mají však rozmezí pouze 40 nebo 60 milimetrů, tudíž jsou nevhodné pro měření velmi obézních osob. U těchto jedinců se může použít antropometrické metody, která měří obvody jednotlivých částí těla (Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2005, s. 60).

Dle hodnot naměřených kaliperem lze stanovit indexy centrality, které určují rozložení podkožního tuku. Index X1 vyplývá z podílu hodnoty tricepsové a subskapulární. X2 potom ze součtu hodnot řas hrudníku I, subscapulární, hrudníku II, suprailiacké a břicha, který se vydělí součtem řas tváře, krku, tricepsu, stehna a lýtko. Poslední index X3 se vypočítá vydělením součtu řasy subscapulární, suprailiacké a řasy břicha součtem řasy tricepsu, stehna a lýtko (Pařízková, Lisá, 2007, s. 83).

### 4.3.2 Referenční metody

#### *Hydrodenzitometrie*

Nejstarší referenční metodou je hydrodenzitometrie, která se opírá o Archimedův zákon. Neznamená to však, že by se měřilo množství tekutiny, které po ponoření těla do vody přeteče ven. Hydrodenzitometrie měří tělesnou váhu s vyloučením vody obsažené v organismu. (Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2005 s. 45 - 46; Heyward, Wagner, 2004, s. 27 - 29; Rodríguez aj. in Moreno, Pigeot, Ahrens, 2011, s. 29 - 30). Hodnocení vyplývá z poznatků, jenž tvrdí, že tuková tkáň má průměrnou hustotu  $0,9007 \text{ g/cm}^3$  a tzv. fat-free mass (FFM) neboli beztuková tkáň mají hustotu  $1,100 \text{ g/cm}^3$ . Předpokládá se, že FFM se skládá ze 73,2% z vody, ze 6,8% z minerálů a z 19,5% z bílkovin. Méně jak 1% se nechává pro zbytek chemických látek. Hustota těchto látek je ale individuální, závisí také na hodnotě tělesné teploty. Hodnota normální hustoty lidského těla se pohybuje okolo  $1,08 \text{ g/cm}^3$ , u lidí s nadváhou je menší než  $1,3 \text{ g/cm}^3$ . Pokud je hodnota menší než  $1,0 \text{ g/cm}^3$  hovoříme o obezitě (Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2005 s. 45 – 46).

Pro správné měření hydrodenzitometrií je nutná spolupráce měřené osoby. Je nutné se do vody zcela ponořit, to znamená na několik vteřin zadržet dech. Důležitý je maximální výdech a nulová pohybová aktivita. Kvůli těmto podmínkám při měření se vyhýbáme použití hydrodenzitometrie u malých dětí a starých lidí. Při měření se musí počítat s reziduálním zbytkem vzduchu v plicích a trávicím traktu. Vzduch v plicích se minimalizuje právě maximálním výdechem. Tato metoda je tradiční, ale v dnešní době je kvůli svým technickým limitům nahrazena novějšími metodami jako je pletysmografie či duální rentgenová absorpciometrie (Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2005 s. 45 - 46; Heyward, Wagner, 2004, s. 27 - 29; Rodríguez aj. in Moreno, Pigeot, Ahrens, 2011, s. 29 - 30).

#### *Pletysmografie*

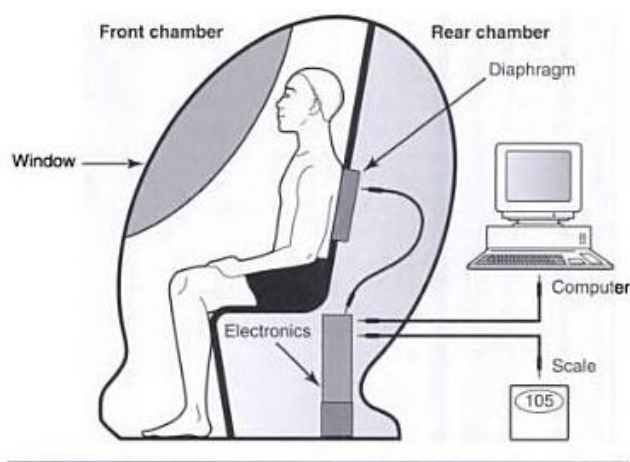
Pletysmografií měříme tělesný objem a z toho dále můžeme vypočítat tělesnou hustotu. Svým principem je podobná hydrodenzitometrii s tím rozdílem, že se neměří ve vodním prostředí, ale v utěsněné vzduchové komoře (viz obrázek 2, s. 29). Pro výpočet tělesné hustoty je nutné znát tělesnou hmotnost a objem. Měří se hodnoty

tlaku a objemu vzduchu v komoře ve chvíli, kdy je prázdná a když v ní měřená osoba sedí. Tyto hodnoty se dále dávají do rovnice dle Boylova zákona:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

kde  $P_1$  vyznačuje tlak v prázdné komoře,  $P_2$  tlak v plné komoře, hodnoty  $V_1$  a  $V_2$  znamenají objemy vzduchu v prázdné a plné komoře (Bienertová – Vašků, 2009, s. 8; Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2005, s. 46; Heyward, Wagner, 2004, s. 33 – 34; Rodríguez aj. in Moreno, Pigeot, Ahrens, 2011, s. 30)

Obrázek 2 Dvoukomorový pletyzmograf Bod Pod (Heyward, Wagner, 2004, s. 34)



U vzduchové pletyzmografie je důležitá izotermická teplota těla a vzduchu, aby probíhal téměř adiabatický děj, kdy si tělo díky dokonalé izolaci nevyměňuje teplo s okolím a naopak. Předpokládá se, že vzduch za izotermických podmínek je stlačitelnější než v podmínkách adiabatických, proto byly definovány okolnosti, které by mohly změnit izotermické podmínky. Mezi ně patří vlasy, oblečení, objem vzduchu v plicích a tělesný povrch. Ideální proto je, aby měřená osoba měla oblečené plavky a koupací čepici. Pro přesnost výpočtu tedy lze upravit Boylův zákon na Poissonův zákon:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^\gamma$$

kde exponent  $\gamma$  vyjadřuje poměr měrného tepla při konstantním tlaku a objemu (Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2005, s. 46; Heyward, Wagner, 2004, s. 33 – 34; Rodríguez aj. in Moreno, Pigeot, Ahren, 2011, s. 30)

Měření se provádí v dvoukomorovém pletyzmografu, kde během měření neustále proudí vzduch. Získání hodnot trvá jen několik minut a není tak náročné pro měřenou osobu oproti hydrodenzitometrii. Na měření tělesné konstituce dětí pletyzmografem se názory různí (Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2005, s. 46, Rodríguez aj. in Moreno, Pigeot, Ahrens, 2011, s. 30).

### ***Duální rentgenová absorpciometrie***

Další významnou referenční metodou k měření složení těla je duální rentgenová absorpciometrie (DEXA). Druhým názvem této metody je „bone densitometry“, protože nejdůležitějším ukazatelem měření je hustota kostní tkáně, ačkoliv pomocí této metody lze určit i množství svalové a tukové tkáně (Rodríguez aj. in Moreno, Pigeot, Ahrens, 2011, s. 30; Mukherjee, 2011, s. 13).

Využívá se velmi nízkých dávek rentgenového záření. Skeny se provádějí ještě detailněji, než provádí CT. Může se využít i u dětí. Problematické je měření velmi obézních osob, protože nemusí být celé tělo zabráno skenovacím polem. (Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2005, s. 30; Hainer aj., 2011, s. 168, 169; Rodríguez aj. in Moreno, Pigeot, Ahrens, 2011, s. 30). Další nevýhodou je vysoká pořizovací cena a poměrně náročná metodika měření, proto je u nás využívána jen ve specializovaných centrech (Hainer aj., 2011, s. 168, 169).

### ***Měření izotopu draslíku a celotělová uhlíková metoda***

Mezi další referenční metody patří měření celého těla na atomové úrovni, kam se řadí měření přirozeného izotopu draslíku  $^{40}\text{K}$  a celotělová uhlíková metoda (Hainer aj., 2011, s. 169).

Měření draslíku vyplývá z faktu, že draslík je v těle uložen zejména v kosterních svalech a další tukuprosté hmotě. Izotop  $^{40}\text{K}$  tvoří 0,0118% draslíku vyskytujícího se běžně v lidském těle. Tato hodnota je u dospělých konstantní. Měření lze provést díky vlastnosti izotopu vyzařovat gama záření, které se detekuje (Malina, Bouchard, Bar-or, 2004, s. 107; Cameron in Ulijaszek, Johnston, Preece, 2000, s. 36).

Uhlík je základním organickým prvkem, v těle je obsažen v tuku, bílkovinách, glykogenu a v kostní tkáni. Měření probíhá podle typických reakcí dusíku, uhlíku a vápníku pod proudem různých neutronů. Množství uhlíku v těle se pak počítá

rovnícemi. Uhlík je největší zásobárnou energie v těle a jeho hlavním zdrojem je tuk. Z tohoto vztahu vyplývá souvislost mezi množstvím uhlíku v těle a složením těla. Tato metoda je velmi přesná (Hainer aj., 2011, s. 169; Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2004 s. 41,42; Shephard, 1991, s. 103).

#### **4.3.3 Metody založené na vodivosti těla**

##### ***Bioelektrická impedance***

Nejdůležitějším zástupcem této skupiny metod je bioelektrická impedance (BIA). Tato metoda je založena na měření odporu tkání organismu při průchodu proudem o nízké intenzitě, ale vysoké frekvenci (Hainer aj., 2011, s. 168).

Měření se provádí pomocí elektrod připevněných v určitých lokalizacích dle druhu měření. Prvním typem je měření o jedné frekvenci pomocí dvou elektrod. Elektrody jsou typicky připojené na zápěstí a nad kotníkem zpravidla na pravé straně. Měří se odpor tkání procházející mezi elektrodami. Elektrody se mohou také připevnit pouze na obě zápěstí či na oba kotníky. Dalším typem je měření bioelektrické impedance pomocí tetrapolárního připojení, kdy jsou elektrody umístěny na obou zápěstích a obou kotnících (Kyle aj., 2004, s. 1226 – 1229).

Bioelektrickou impedancí se zjišťuje množství beztukové tkáně v těle a množství tekutiny. Elektrický proud prochází tkáněmi obsahujícími vodu a elektrolyty, protože kosti a tuková tkáň má špatné vodivé vlastnosti. Tato metoda má schopnost rozlišit intracelulární a extracelulární tekutinu (Kyle aj., 2004, s. 1229; Davis, Murphy in Muehlenbein, 2010, s. 120).

Při měření lze využívat více frekvencí, při tetrapolárním zapojení i ve více směrech. Obvykle se používá frekvence 50 kHz. Při multifrekvenčním měření se používá i frekvence od 10 kHz do 1 MHz, kterých se využívá při rozlišení extra- a intracelulární tekutiny (Kyle aj., 2004, s. 1229; Davis, Murphy in Muehlenbein, 2010, s. 120).

Nevýhodou pro toto měření je individuální množství vody v organismu pro každého jedince. Některé osoby vodu v těle zadržují, jiní naopak mají organismus na hranici dehydratace. Poslední zmíněná komplikace se vyskytuje zejména u starých lidí (Hainer aj., 2011, s. 168; Kyle aj., 2004, s. 1229, 1231; Davis, Murphy in Muehlenbein, 2010, s. 120).

Tato metoda je velmi populární, ale kvalitativně nedosahuje na referenční metody. Její výhodou je lacinost a dostupnost. Lze zakoupit i osobní váhy, které dokážou měřit pomocí bioelektrické impedance procento FFM a tekutin v těle. Další neopomenutelnou výhodou je rychlost měření (Hainer aj., 2011, s. 168; Kyle aj., 2004, s. 1239; Davis, Murphy in Muehlenbein, 2010, s. 120).

#### ***Celotělová elektrická vodivost***

Další metodou pro měření složení těla je celotělová elektrická vodivost (total body electric conductivity – TOBEC). Tato metoda vychází z poznatků, které říkají, že svaly jsou lepšími vodiči než tuk. Využívá se velké cívky s frekvencí 2,5 Hz, která vysílá signály. Tyto signály se následně vrací, jsou detekovány a počítač vyhodnocuje složení těla měřené osoby. Výhodou této metody je pasivita měřené osoby, proto je na rozdíl od hydrodenzitometrie vhodná i pro děti. Důležitá je také rychlost vyšetření, které trvá asi jednu minutu. Nevýhodou je, na rozdíl od hydrodenzitometrie, vysoká pořizovací cena, nemožnost přenášení a nutnost kalibrace při měření (Blackburn, Kanders, 1994, s. 57).

#### **4.3.4 Stanovení obsahu vody**

Celkový obsah tělesné vody se stanovuje pomocí izotopů a jejich diluce. Aplikovaná látka se rozptýlí ve vodě v celém organismu. Poté je ve vzorku možné její koncentraci změřit. Voda je konstantně přítomna ve FFM ze 73,2%. K měření se dá využít izotopů deuteria nebo tritia, které ale vykazují radioaktivitu, proto je jeho použití nevhodné u dětí a těhotných žen. Nevýhodou je vysoká cena izotopů a celého měření (Heymsfield aj. in Bray, Bouchard, 2004, s. 44, 45; Hainer aj., 2011, s. 170; Pařízková, Lisá, 2007, s. 77).

#### **4.3.5 Stanovení intracelulárního tuku**

Pro určení intracelulárního tuku se využívá protonové nukleární magnetické spektroskopie. Metoda je založená na schopnosti rozeznat intra- a extramyocelulární



tuk v kosterním svalu a myokardu. Tyto hodnoty jsou důležité kvůli vyhodnocení inzulinové senzitivity ve svalech (Hainer aj., 2011, 170; Kushner, 2008, s. 141).

## 5 DISKUZE

Studie z roku 2004, vypracovaná v Singapuru, zaměřená přímo na posouzení BMI jako na indikátor nadváhy a obezity souhlasí s předchozím tvrzením v kapitole nevýhod body mass indexu. Autoři této studie posuzovali BMI pod kontrolou duální rentgenové absorpciometrie (DEXA). Výsledky pak jsou, že hodnoty pro vyhodnocení nadváhy a obezity Světovou zdravotnickou organizací jsou neodpovídající skutečnému procentu tukové tkáně v těle měřených osob. Rozdílné hodnoty pro muže a ženy se zde považují za neopomenutelné (Goh aj., 2004, s. 1897).

Z Fungovy studie tělesných indexů z roku 1990, kdy porovnává Rohrerův index, Bennův index a body mass index, vyplývá, že Bennův index je nejvhodnější pro hodnocení dětí. Exponent  $p$  je závislý na věku dítěte, ale v dospělosti se pak již nemění. Body mass index se prokázal jako neodpovídající k hodnocení tělesného tuku v porovnání s kaliperací, hydrodenzitometrií nebo měřením izotopu draslíku. Nejvhodnější je použití hodnocení dle indexu, který není závislý na výšce (Fung aj., 1990, s. 517, 518).

Studie nizozemských a švédských vědců z roku 2001 ukazuje porovnání body mass indexu, poměru pas/boky a obvodu pasu na posouzení rizik úmrtnosti z multifaktoriálních příčin u starších lidí. Byli vybráni probandi, kteří nikdy nekouřili. Tím se snížil alespoň částečně vliv kouření na úmrtnost. Výsledkem studie je tvrzení, že pouze obvod pasu z těchto tří metod může určit zvýšené riziko úmrtí. Toto mínění potvrzuje, že je podstatné znát lokalizaci tukové tkáně v organismu. Zejména pak podíl viscerálního a subkutánního tuku. Poměr pas/boky není dostatečně vypovídající o viscerální obezitě, jelikož se musí počítat i s nedostatečnou masou svalů v oblasti hýždí, která může zapříčinit nepřesnosti výsledku (Visscher aj., 2001, s. 1733, 1734).

Studie provedená v Číně v roce 1997 popisuje rizika kardiovaskulárního onemocnění u čínské populace na základě body mass indexu, poměru pas/boky a obvodu pasu ukazuje, že je přímá úměra mezi zvýšením těchto indexů a zvýšením rizik onemocnění. Proto autoři doporučují zaznamenání všech těchto údajů při diagnostice kardiovaskulárních nemocí. V této studii je body mass index uznáván jako ukazatel celkové tělesné konstituce. Poměr pas/boky a obvod pasu by měly poukazovat na lokalizaci obezity. I v této studii se obvod pasu hodnotí jako nejlepší

ukazatel rizikových hodnot. Poměr pas/boky je zde vyzdvihován zejména u žen. Celkově tato studie podporuje názor, že poměr pas/boky a obvod pasu je vhodnější pro posuzování rizik onemocnění než BMI. Objevuje se zde názor, že platí jiné rizikové hodnoty BMI i ostatních metod pro nebezpečí kardiovaskulárního onemocnění pro europoidní a mongoloidní rasu (Ko aj., 1997, s. 999, 1000).

Skupina švédských vědců také ve své kohortové studii z roku 2006 srovnávala vliv poměru pas/boky a body mass indexu na výskyt kardiovaskulárních nemocí. Výsledky potvrzují, že BMI i WHR mají vliv na výskyt kardiovaskulárních nemocí, ale jen ve specifických případech. Poměr pas/boky je optimálnější použit u žen. BMI se ukázal jako dobrý ukazatel u mužů s normální hodnotou body mass indexu. U žen je pak důležité vyhodnotit, zda se jedná o premenopauzální či postmenopauzální období. BMI se nemusí u žen změnit, avšak mění se poměr WHR, kdy se začíná kumulovat tuková tkáň ve větším množství i viscerálně. Viscerální tuková tkáň u mužů tvoří asi 21%, u žen před menopauzou asi jen 10%. Ve větší míře je tedy u žen zastoupena subkutánní tuková tkáň. Body mass index byl jako objektivní ukazatel vyhodnocen pouze u specifické skupiny mužů, u žen byl stanoven jako neobjektivní. Proto je vhodné, dle této studie, použít k hodnocení tělesné konstituce, a s tím spojených rizik kardiovaskulárních onemocnění, jiné metody měření (Li aj., 2006, s. 1779, 1780).

Studie vědců z australského Perthu posuzuje obvod pasu, poměr pas/boky a BMI jako ukazatele lokalizace tukové tkáně u mužů. Autoři přiznávají, že vhodnější jsou metody počítačová tomografie a magnetická rezonance. Tyto dvě alternativy jsou schopné přesně vyhodnotit množství tukové tkáně retroperitoneálně, intraperitoneálně i subkutánně, kde se dá rozlišit, zda je více podkožní tukové tkáně na břiše či na zádech. Ale nevýhody těchto dvou technik pro velké studie jsou zjevné. Jedná se o velice finančně a prostorově náročné měření, proto je jejich využití pro studie nevhodné. V této studii se tedy hodnotí, které techniky měření mohou vhodně nahradit tyto dvě zobrazovací metody. I tato studie potvrzuje názor, že obvod pasu je nejvhodnější pro vyhodnocení lokalizace tukové tkáně ze tří výše zmíněných možností. BMI je i zde hodnoceno jako vhodné pro klasifikaci celkové tělesné konstituce, avšak nelze ho použít pro hodnocení lokalizace tukové tkáně (Chan aj., 2003, s. 442, 445).

Při porovnávání CT a antropometrických metod jako je BMI, obvod pasu a podobně ve studii amerických radiologů a internistů vyšlo, že antropometrické

metody sice odpovídají CT, ale nelze posoudit, zda se jedná o viscerální či subkutánní tukovou tkáň. V této studii se mimo jiné autoři soustředí na posouzení tukové tkáně v oblasti břicha. Jednak hodnotí viscerální a subkutánní tukovou tkáň, zabývají se ale i intermuskulární tukovou tkání a jejími prvky jak tukové tkáně viscerální, tak i subkutánní a její nezařaditelnosti k jednomu z typů. Dalším předmětem zkoumání bylo porovnání magnetické rezonance s počítačovou tomografií. V hodnocení viscerální a subkutánní tukové tkáně jsou srovnatelné. Upřednostňuje se zde však CT, vzhledem k vysoké ceně měření pomocí magnetické rezonance a dlouhé době vyšetření. Výsledkem této studie tedy je, že obvod pasu a body mass index sice korelují s výsledky CT, avšak to je společně s magnetickou rezonancí antropometrickými metodami nenahraditelné v hodnocení tělesné konstituce a lokalizace tukové tkáně v organismu (Maurovich-Horvat aj., 2007, s. 503, 504).

Další metodou měření tělesné konstituce je měření kožních řas. V Amsterdamu v roce 2006 proběhla studie, která porovnává body mass index s měřením kožních řas dospívajících. Dále se pak hodnotí, která z metod je vhodnější pro předvídaní obezity v dospělosti. Optimálnost použití těchto dvou metod byla porovnávána s duální rentgenovou absorpciometrií. Výhodou hodnocení BMI i měření kožních řas v adolescenci je, že se odlišuje vyhodnocování pro dívky a chlapce zvlášť. Ukázalo se, že měření kožních řas je lepší v předvídaní obezity v dospělosti než BMI. V této studii se upřednostňuje změření pouze jedné kožní řasy a to subskapulární u chlapců a řasy tricepsu u dívek (Nooyens aj., 2007, s. 1535, 1536, 1538).

Na podobném principu vznikla i studie epidemiologů a pediatrů ze Spojených států amerických, která porovnává BMI a měření kožních řas za pomoci duální rentgenové absorpciometrie. Zaměřuje se ale na hodnocení rizik kardiovaskulárních onemocnění adolescentů v dospělosti. Tato studie hodnotí obě metody téměř na stejné úrovni. BMI je sice hodnocený jako méně přesný než měření kožních řas, avšak je pro studie akceptovatelný (Steinberger aj., 2005, s. 1350, 1351).

Při porovnání body mass indexu a duální rentgenové absorpciometrie se ve studii z roku 1997, na níž se podíleli lékaři ze Švýcarska a USA, uvádí, že BMI odpovídá DEXA více u dívek než u chlapců, u europoidní rasy ve větší míře než u negroidní. Více se na něj můžeme spolehnout u osob s centrální formou obezity než s formou periferní. I tato studie upozorňuje na nepřesnosti BMI vzhledem k věku, pohlaví a rase osob. Největší nepřesnosti jsou pozorovány u lidí se svalovou hmotou. Naopak

u měření duální rentgenovou absorpciometrií lze stanovit poměr mezi tukovou a svalovou tkání. Výsledky jsou dále srovnávány dle hodnot, které jsou zaznamenány ve škále pro čtyři skupiny definované věkem a pohlavím. Autoři studie doporučují nahradit body mass index jinou metodou měření. Uvažují o bioelektrické impedanci, která je rychlou a více k duální rentgenové absorpciometrii korelující metodou. Další navrhovanou možností je měření kožních řas, které však oproti bioelektrické impedanci nedoporučují, protože vykazuje více nepřesností. Použití body mass indexu ve studiích by se mělo podle autorů omezit na minimum, protože nepřesnosti hodnocení jsou závažné (Morabia aj., 1999, s. 55, 56).

Studie z Velké Británie (1994) porovnává hned čtyři metody měření tělesné konstituce. Dvě antropometrické, body mass index a měření kožních řas a dvě technicky složitější, bioelektrickou impedanci a duální rentgenovou absorpciometrii. Výhodu v antropometrických metodách vidí autoři zejména v časové nenáročnosti, rychlosti a nízké ceně. U měření kožních řas upozorňují na nevýhodu subjektivity a náročnosti měření pro osobu, která měření provádí. Bioelektrická impedance pak spojuje levnost měření s rychlostí a relativní přesností. Ta je ale závislá na hydrataci organismu. U zdravých jedinců by to však neměl být problém. DEXA je schopna rozlišit tukovou tkáň, svalovou tkáň a obsah minerálních látek v těle. Využívá se proto častěji k diagnostice osteoporózy než k měření tělesné konstituce (Webber aj., 1994, s. 177, 178).

V této studii se ukázalo, že měření kožní řasy neodpovídá měření pomocí DEXA. Nevýhodou je zejména neschopnost lokalizace tukové tkáně a problém s velmi obézními lidmi. Průměrný odhad body mass indexu se zde odlišoval výrazně od měření kožních řas. Vzhledem k tomu, že jde o velice často používané metody měření pro velké studie, mělo by se jejich použití ve studiích zvážit. Problematickou skupinou se v této studii stala skupina jedinců s výraznou obezitou. Nepřesnosti v měření pomocí bioelektrické impedance mohou vzniknout také kvůli, kromě nedostatečné hydratace, rozložení tukové tkáně na trupu a končetinách. Výsledky mohou být při měření pomocí duální rentgenové absorpciometrie zkresleny u osob, které redukují svoji váhu. Problematika redukce váhy se však týká většiny metod měření tělesné konstituce. Z této studie vyplývá, že pro měření tělesné konstituce jsou dvě problematické skupiny lidí. Jednou z nich jsou osoby s výraznou obezitou, druhou

skupinou jsou lidé, kteří hubnou či jinak mění svou váhu (Webber aj., 1994, s. 180 – 182).

V jedné z novějších studií, která proběhla za spolupráce Univerzity Cambridge a Vysoké školy hygieny a tropických nemocí v Londýně v roce 2011, se porovnávají téměř všechny nejpoužívanější metody měření, a to body mass index, obvod pasu, bioelektrická impedance, duální rentgenová absorpciometrie a magnetická rezonance. Bioelektrická impedance, obvod pasu a DEXA v oblasti od druhého po čtvrtý bederní obratel jsou vhodnými metodami pro měření celkové tukové tkáně v oblasti břicha. Jsou však naprosto nevhodné pro hodnocení viscerální tukové tkáně, kde by se tedy měla upřednostnit magnetická rezonance. V této studii překvapivě vyšlo, že body mass index koreluje s celkovým množstvím tukové tkáně v břišní oblasti, což potvrzuje názor, že se zvýšením abdominální tukové tkáně se zvýší i množství tukové tkáně celkově. Tato korelace ovšem nemusí být, dle autorů této studie, použitelná pro předvídaní chorob vyplývajících z obezity tak, jak je to velmi časté v průřezových studiích (Browning aj., 2011, s. 14).

## ZÁVĚR

Obezita je celospolečenským problémem současnosti. Rizika různých onemocnění v souvislosti s obezitou jsou vysoká. Hodnocení tělesné konstituce a množství tukové tkáně v organismu je proto velice důležité a vyžaduje přesné výsledky. Všechny metody měření nejsou schopné posoudit aktuální množství tukové tkáně a dle některých nelze určit její lokalizaci, která má svůj neopomenutelný význam.

Body mass index je jedním z nejpoužívanějších indexů pro hodnocení tělesné konstituce. Bohužel, většina jeho uživatelů nezná nevýhody, ze kterých plyne nepřesné hodnocení.

Zásadním negativem body mass indexu je neschopnost rozlišit poměr tukové a tukuprosté tkáně v organismu. Výsledky jsou poté zkreslené. Mohou být pozitivně negativní, tudíž se jedná o člověka s velkým podílem tukové tkáně, avšak dle BMI je zařazen do skupiny jedinců s normální hodnotou. Druhým případem nepřesnosti je negativní pozitivita. Tento problém se týká lidí s vyšším podílem tukuprosté tkáně, zejména svalové, kdy hodnota body mass indexu přesáhne hranici normy, ale nejde o člověka s nadváhou či obezitou, naopak jde obvykle o lidi zdravé, především pak o sportovce.

V porovnání s ostatními metodami měření tělesné konstituce body mass index ve svých výsledcích zaostává. A lze tedy říci, že je vhodnější zvolit jakoukoliv jinou metodu měření než body mass index. Z metod antropometrických je nejvhodnější použít metodu měření pasu, která, jako jediná antropometrická metoda, alespoň částečně poukazuje na množství viscerální tukové tkáně. Hodnocení pomocí referenčních metod, měření na základě vodivosti těla a měření různých složek v organismu dokáže celkem přesně určit poměr tukové a tukuprosté tkáně v organismu. Obvykle však nelze s přesností určit, o jaký typ tukové tkáně se jedná.

Za nejpřesnější metody se považují zobrazovací metody. Počítačová tomografie a magnetická rezonance nejlépe vyhodnocují množství tukové tkáně ve všech vrstvách těla v daném segmentu. Dá se tedy zjistit přesný poměr subkutánní tukové tkáně, viscerální tukové tkáně retroperitoneální a intraperitoneální. Důležitá je vlastnost zhodnotit tukovou tkáň intramuskulárně.

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit body mass index a jeho využitelnost pro hodnocení tělesné konstituce na základě jeho výhod a nevýhod. Dalším cílem bylo podat celkový náhled na něj ve všech směrech a porovnat ho s ostatními metodami měření tělesné konstituce. Výsledkem je, že body mass index je neadekvátní pro hodnocení a měl by být v budoucnosti nahrazen jinými metodami s přesnějšími výsledky, jak mezi odborníky, tak i mezi širokou veřejností.



## REFERENČNÍ SEZNAM

BIENERTOVÁ-VAŠKŮ, Julie. *Potenciál variability v genech kódujících adipokiny v neurobehaviorálním řízení příjmu potravy u české obézní a neobézní populace: Adipokiny a jejich úloha v patogenezi komplexní formy obezity*. Brno, 2009. Dizertační práce. Masarykova Univerzita Brno, Lékařská fakulta, Ústav patologické fyziologie.

DEMETROVIČ, Ernest. *Encyklopedie tělesné kultury I, II*. 1. vydání. Praha: Olympia, 1988. ISBN 80-7096-046-9.

HAINER, Vojtěch, aj. *Základy klinické obezitologie*, 2. přeprac. a dopl. vydání. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3252-7.

KAŇKOVÁ, Kateřina. *Poruchy metabolismu a výživy, Vybrané kapitoly z patologické fyziologie*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2005. ISBN 80-210-3670-2.

KLEINWÄCHTEROVÁ, Hana a BRÁZDOVÁ, Zuzana. *Výživový stav člověka a způsoby jeho zjišťování*. 2. vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001. ISBN 80-7013-336-8.

LANGMEIER, Miloš. *Základy lékařské fyziologie*. 1. vydání. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.

MARINOV, Z., aj. Výsledky pětileté činnosti dětské obezitologické ambulance Dětské polikliniky FN Motol a UK 2. LF, Praha. *Česko – slovenská pediatrie*. Praha: Česká lékařská společnost J. E. Purkyně. ISSN 0069-2328. 2011, roč. 66, č. 1, s. 6 – 11.

PAŘÍZKOVÁ, Jana a LISÁ, Lidka. *Obezita v dětství a dospívání. Terapie a prevence*. 1. vydání. Praha: Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-466-9.

PODĚBRADSKÁ, R. Pohybová intervence jako součást léčení nadváhy a obezity. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. Praha: Česká lékařská společnost J. E. Purkyně. ISSN 1211-2658. 2011, č. 2, s. 50 – 58.

RIEGROVÁ, Jarmila a ULBRICHOVÁ, Marie. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. 2. vydání. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998. ISBN 80-7067-847-x

ROKYTA, Richard, MAREŠOVÁ, Dana a TURKOVÁ, Zuzana. *Somatologie I*. 1. vydání. Praha: Eurolex Bohemia, 2002. ISBN 80-86432-30-0.

SVAČINA, Štěpán. *Obezita a diabetes*. 1. vydání. Olomouc: Maxdorf, 2000. ISBN 80-85800-43-8.

SVAČINA, Štěpán. *Obezita a psychofarmaka*. 1. vydání. Praha: Triton, 2002. ISBN 80-7254-253-2.

VALENTA, Miloslav. *Základy výživy II*. Kurz pro výživové poradce: Praha, 2008.

### **www zdroje:**

ANONYM. *About BMI for adults*. [cit. 2012-03-20]. Dostupné na:

[http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult\\_bmi/index.html](http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html)

ANONYM b. *Růstové grafy* (propagační materiál pro lékaře). Pfizer, 2008. [cit. 2012-05-01] Dostupné na: <http://www.rustovyhormon.cz/odbornik>

BAKER, Jennifer L., OLSEN, Lina W. and SØRENSEN, Thorkild I. A. Childhood Body-Mass Index and the Risk of Coronary Heart Disease in Adulthood, *The new engl and journal of medicine* [online]. 2007, 357, 2329 – 2337. [cit. 2012-03-24]. Dostupné na: <http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMoa072515>

BLACKBURN, George L., KANDERS, Beatrice S. *Obesity: Pathophysiology, Psychology, and Treatment* [online]. 1. vydání. New York: Chapman & Hall, 1994. [cit. 2012-04-11]. ISBN 0-412-98461-X. Dostupné na:

<http://books.google.cz/books?id=HwLi5ZXGeMgC&pg=PA57&dq=Blackburn+1994+TOBEC&hl=cs&sa=X&ei=n-SFT4yNKInZsgbPnL3XCA&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>

BRAMBILLA, Paolo aj. in DAVIES, P. S. W., COLE, T. J. *Body Composition Techniques in Health and Disease* [online]. 1. vydání. New York: Cambridge University Press, 1995. [cit. 2012-04-11]. ISBN 0-521-46179-0. Dostupné na: [http://books.google.cz/books?id=y\\_UkcywB3YgC&pg=PA38&dq=CT+MRI+body+composition+brambilla&hl=cs&sa=X&ei=c96FT-mIM8yRswb5qNi9Bg&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=CT%20MRI%20body%20composition%20brambilla&f=false](http://books.google.cz/books?id=y_UkcywB3YgC&pg=PA38&dq=CT+MRI+body+composition+brambilla&hl=cs&sa=X&ei=c96FT-mIM8yRswb5qNi9Bg&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=CT%20MRI%20body%20composition%20brambilla&f=false)

BROWNING, Lucy M. aj. Measuring Abdominal Adipose Tissue: Comparison of Simpler Methods with MRI, *The European Journal of Obesity – Obesity Facts* [online]. 2011, 4, 9 –15. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na: <http://content.karger.com/produktedb/produkte.asp?doi=324546>

COLE, Tim J., ROLLAND – CACHERA, Marie Francoise in BURNIAT, Walter, aj. *Child and Adolescent Obesity: Causes and Consequences, Prevention and Management* [online]. 1. vydání. New York: Cambridge University Press, 2002. [cit. 2012-04-11]. ISBN 978-0-521-65237-7. Dostupné na: [http://books.google.cz/books?id=nK1qiuTceMoC&pg=PA12&dq=burniat+2002+skinfold&hl=cs&sa=X&ei=RLuFT\\_PaO47otQaWsYH8Bg&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.cz/books?id=nK1qiuTceMoC&pg=PA12&dq=burniat+2002+skinfold&hl=cs&sa=X&ei=RLuFT_PaO47otQaWsYH8Bg&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false)

DAVIS, Peter S. W., MURPHY Alexia J. in MUEHLENBEIN, Michael P. *Human Evolutionary Biology* [online]. New York: Cambridge University Press, 2010. [cit. 2012-04-11]. ISBN 978-0-521-87948-4. Dostupné na: [http://books.google.cz/books?id=3NRf\\_8gwmO8C&pg=PA120&dq=Muehlenbein+2010+bioelectrical+impedance+analysis&hl=cs&sa=X&ei=s-KFT5qKD9CLswaOhrjfBg&ved=0CDYQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.cz/books?id=3NRf_8gwmO8C&pg=PA120&dq=Muehlenbein+2010+bioelectrical+impedance+analysis&hl=cs&sa=X&ei=s-KFT5qKD9CLswaOhrjfBg&ved=0CDYQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false)

DEURENBERGER, P. aj. in ROTHMAN, K. J. BMI - related errors in the measurement of obesity, *International Journal of Obesity* [online]. 2008, 32, 56 – 59. [cit. 2012-04-22]. Dostupné na: <http://www.nature.com/ijo/journal/v32/n3s/full/ijo200887a.html>

DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie* [online]. 1. vydání. Praha: Grada, 2009. [cit. 2012-04-11]. ISBN 978-80-247-3240-4. Dostupné na:

[http://books.google.cz/books?id=5mFLhIjShw8C&pg=PA41&dq=dylevsk%C3%BD+somatotyp&hl=cs&sa=X&ei=sKKFT\\_GuEYXXsgaGroDbBg&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.cz/books?id=5mFLhIjShw8C&pg=PA41&dq=dylevsk%C3%BD+somatotyp&hl=cs&sa=X&ei=sKKFT_GuEYXXsgaGroDbBg&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false)

FUNG, K. P., aj. Properties and clinical implications of body mass indices, *Archives of Disease in Childhood* [online]. 1990, 65, 516-519. [cit. 2012-04-11]. Dostupné na: <http://adc.bmj.com/content/65/5/516.full.pdf+html>

GALLAGHER, Dympna, aj. How Useful Is Body Mass Index for Comparison of Body Fatness across Age, Sex, and Ethnic Groups?, *American Journal of Epidemiology* [online]. 1996, 143, 3, 228 – 239. [cit. 2012-04-22]. Dostupné na: <http://aje.oxfordjournals.org/content/143/3/228.full.pdf+html>

GOH, Victor H. H. aj. Are BMI and other anthropometric measures appropriate as indices for obesity? A study in an Asian population, *Journal of Lipid Research* [online]. 2004, 45, 1892 – 1898. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na: <http://www.jlr.org/content/45/10/1892.full.pdf+html>

HEYMSFIELD, Steven B., aj. *Emerging Technologies for Nutrition Research* [online]. Washington: Institute of medicine, 1997. [cit. 2012-04-11]. ISBN 0-309-17453-8. Dostupné na: <http://books.google.cz/books?id=xgsh2ZmHBn4C&pg=PT200&dq=body+composition+ct+mr&hl=cs&sa=X&ei=uL2FT6jJCo3EtAaRk4HGBw&ved=0CD0Q6AEwAg#v=onepage&q=body%20composition%20ct%20mr&f=false>

HEYMSFIELD, Steven B. aj. in BRAY, George A., BOUCHARD, Claude. *Handbook of obesity: Etiology and Pathophysiology* [online]. 2. vydání. New York: Marcel Dekker, 2005. [cit. 2012-04-11]. ISBN 0-203-91337-X. Dostupné na: <http://books.google.cz/books?id=tl6ABaJmX9oC&pg=PA364&dq=body+measurement+CT+brambilla&hl=cs&sa=X&ei=6rSFT6jEMITdsgbppeHuBg&ved=0CGoQ6AEwCQ#v=onepage&q=body%20measurement%20CT%20brambilla&f=false>

HEYWARD, Vivian H., WAGNER, Dale R. *Applied Body Composition Assessment* [online]. 2. vydání. Champaign: Edwards Brothers, 2004. [cit. 2012-04-11]. ISBN 0-7360-4630-5. Dostupné na: <http://books.google.cz/books?id=wIEIN56O38IC&printsec=frontcover&dq=heyward>,

+wagner+applied+body+composition&hl=cs&sa=X&ei=R9GdT7LWJIGD-wa\_xbmXDw&ved=0CDQQ6AEwAA#v=onepage&q=heyward%2C%20wagner%20applied%20body%20composition&f=false

CHAN, D. C. aj. Waist circumference, waist – to – hip ratio and body mass index as predictors of adipose tissue compartments in men, *QJM: An International Journal of Medicine* [online]. 2003, 96, 441 – 447. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na: <http://qjmed.oxfordjournals.org/content/96/6/441.short>

JUONALA, M., aj. Childhood Adiposity, Adult Adiposity and Cardiovascular Risk Factors, *The new engl and journal of medicine* [online]. 2011, 365, 1876-1885. [cit. 2012-03-24]. Dostupné na: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1010112>

KO, G. T. C. aj. Simple anthropometric indexes and cardiovascular risk factors in Chinese, *International Journal of Obesity* [online]. 1997 21, 995 – 1001. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na: <http://www.nature.com/ijo/journal/v21/n11/pdf/0800508a.pdf>

KOKAISL, Petr. *Základy antropologie* [online]. Praha: Provozně ekonomická fakulta České zemědělské univerzity v Praze, 2007. [cit. 2012-04-11]. Dostupné na: <http://books.google.cz/books?id=QCNzyl9K5ckC&printsec=frontcover&dq=KOKAISL&hl=cs&sa=X&ei=faSFT8qUO8vDswaKntnABg&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q=KOKAISL&f=false>

KYLE, Ursula, aj. Bioelectrical impedance analysis part I: review of principles and methods, *Clinical Nutrition* [online]. 2004, 23, 1226-1243. [cit. 2012-04-11]. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261561404000937>

KUSHNER, Robert F., BESSESEN, Daniel H. *Treatment of the Obese Patient* [online]. 2. vydání. Totowa: Humana Press, 2008. [cit. 2012-04-11] ISBN 978-1-58829-735-7. Dostupné na: <http://books.google.cz/books?id=vWjK5etS7PMC&pg=PA149&dq=proton+nuclear+magnetic+spectroscopy+determination+of+intracellular+fat&hl=cs&sa=X&ei=ZQWGT-6gNYeDOu7s2csI&ved=0CG4Q6AEwCA#v=onepage&q=proton%20nuclear%20magnetic%20spectroscopy%20determination%20of%20intracellular%20fat&f=false>

Li, C. aj. Sex differences in the relationships between BMI, WHR and incidence of cardiovascular disease: a population-based cohort study, *International Journal of Obesity* [online]. 2006, 30, 1775–1781. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na:

<http://www.nature.com/ijo/journal/v30/n12/pdf/0803339a.pdf>

MALINA, Robert M., BOUCHARD, Claude, BAR-OR, Oded. *Growth, Maturation and Physical Activity* [online]. 2. vydání. Champaign: Human Kinetics, 2004. [cit. 2012-04-11]. ISBN 0-88011-882-2. Dostupné na:

<http://books.google.cz/books?id=VqFcFsykj6EC&pg=PA107&dq=measurement+of+natural+isotope+of+potassium+body+composition&hl=cs&sa=X&ei=cPCFT-2nO4bLswb2lfSsBg&ved=0CF4Q6AEwBg#v=onepage&q=measurement%20of%20natural%20isotope%20of%20potassium%20body%20composition&f=false>

MAUROVICH-HORVAT, P. aj. Comparison of anthropometric, area- and volumebased assessment of abdominal subcutaneous and visceral adipose tissue volumes using multi-detector computed tomography, *International Journal of Obesity* [online]. 2007, 31, 500 – 506. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na:

<http://www.nature.com/ijo/journal/v31/n3/pdf/0803454a.pdf>

MORABIA, Alfredo aj. Relation of BMI to a dual-energy X-ray absorptiometry measure of fitness, *British Journal of Nutrition* [online]. 1999, 82, 49–55. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na:

[http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN82\\_01%2FS0007114599001117a.pdf&code=fd7f4d4df995774cd69390f92ddf4fcd](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN82_01%2FS0007114599001117a.pdf&code=fd7f4d4df995774cd69390f92ddf4fcd)

MOZUMDAR, Aruprenda, ROY, Subrata K. Method for estimating body weight in persons with lower-limb amputation and its implication for their nutritional assessment, *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2004, 80, 868 – 875. [cit. 2012-04-22]. Dostupné na: <http://www.ajcn.org/content/80/4/868.full.pdf+html>

MUKHERJEE, Dorothy S. *Obesity: It Might Not Be All Your Fault, But It Is Your Problem*. [online]. Bloomington: Trafford Publishing, 2011. [cit. 2012-04-11]. ISBN 978-1-4269-5529-7. Dostupné na:

<http://books.google.cz/books?id=OIJDfvBgtF4C&pg=PA13&dq=Mukherjee+dual+en>

[ergy+absorptiometry&hl=cs&sa=X&ei=i-CFT8rxJNDVsgasgpj6Bg&ved=0CDMQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](#)

NOOYENS, Astrid C. J. aj. Adolescent skinfold thickness is a better predictor of high body fatness in adults than is body mass index: the Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study, *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2007, 85, 1533 – 9. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na: <http://www.ajcn.org/content/85/6/1533.full.pdf+html>

OGDEN, Cynthia L., aj. Prevalence of High Body Mass Index in US Children and Adolescents, 2007-2008, *JAMA* [online]. 2010; 303, 242-249, [cit. 2012-03-24]. Dostupné na: <http://jama.ama-assn.org/cgi/content/full/303/3/242>.

ONIS DE, Mercedes aj. *WHO Child Growth Standards – Methods and Development* [online]. WHO, 2007. [cit. 2012-04-29]. ISBN 978-92-4-154718-5. Dostupné na: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241547185\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241547185_eng.pdf)

PALMA DE, John R., PITTARD Joanne D. *Body Mass Index and Uremia*. [online]. [cit. 2012-04-11] Dostupné na: <http://www.hemodialysis-inc.com/articles/BMI.pdf>

PRENTICE, A. M., JEBB, S. A. Beyond body mass index, *Obesity Reviews* [online]. 2001, 2, 141 – 147. [cit. 2012-04-22]. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1467-789x.2001.00031.x/abstract?userIsAuthenticated=false&deniedAccessCustomisedMessages=sage=>

RODRÍGUEZ, Gerardo aj. in MORENO, Luis, PIGEOT, Iris, AHRENS, Wolfgang. *Epidemiology of Obesity on Children and Adolescents* [online]. New York: Springer, 2011. [cit, 2012-04-11]. ISBN 978-1-4419-6038-2. Dostupné na: <http://books.google.cz/books?id=AawkMCICGM0C&pg=PA31&dq=body+composition+CT+brambilla&hl=cs&sa=X&ei=EbeFT6r6PMnzsgbP3rm7Bg&ved=0CEMQ6AEwAA#v=onepage&q=body%20composition%20CT%20brambilla&f=false>

ROTHMAN, K. J. BMI - related errors in the measurement of obesity, *International Journal of Obesity* [online]. 2008, 32, 56 – 59. [cit. 2012-04-22]. Dostupné na: <http://www.nature.com/ijo/journal/v32/n3s/full/ijo200887a.html>

SHEPHARD, Roy J. *Body Composition in Biological Anthropology* [online].

1. vydání. New York: Cambridge University Press, 1991. [cit. 2012-04-11]. ISBN 0-521-36267-9. Dostupné na:

[http://books.google.cz/books?id=yFmMTMoqcLYC&pg=PA103&dq=whole+body+carbon+method+body+composition&hl=cs&sa=X&ei=u\\_iFT\\_LnH8rNtAbH8e28Bg&ved=0CHAQ6AEwCQ#v=onepage&q=whole%20body%20carbon%20method%20body%20composition&f=false](http://books.google.cz/books?id=yFmMTMoqcLYC&pg=PA103&dq=whole+body+carbon+method+body+composition&hl=cs&sa=X&ei=u_iFT_LnH8rNtAbH8e28Bg&ved=0CHAQ6AEwCQ#v=onepage&q=whole%20body%20carbon%20method%20body%20composition&f=false)

STEINBERGER, J. aj. Comparison of body fatness measurements by BMI and skinfolds vs dual energy X-ray absorptiometry and their relation to cardiovascular risk factors in adolescents, *International Journal of Obesity* [online]. 2005, 29, 1346–1352. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na:

<http://www.nature.com/ijo/journal/v29/n11/pdf/0803026a.pdf>

ŠPINAR, Jindřich, aj. *Propedeutika a vyšetřovací metody vnitřních nemocí* [online]. Praha: Grada, 2008. [cit. 2012-04-11]. ISBN 978-80-247-1749-4. Dostupné na:

[http://books.google.cz/books?id=Ia7TaTxIeScC&pg=PA142&dq=%C5%A1pinar+2008+CT+MRI&hl=cs&sa=X&ei=rK6FT\\_aQG8a90QWQ-qHZBw&sqi=2&ved=0CDgQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.cz/books?id=Ia7TaTxIeScC&pg=PA142&dq=%C5%A1pinar+2008+CT+MRI&hl=cs&sa=X&ei=rK6FT_aQG8a90QWQ-qHZBw&sqi=2&ved=0CDgQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false)

TZAMALOUKAS, Antonios H., MURATA, Glen H., VANDERJAGT, Dorothy J. in FERRERA, Linda A. *Body Mass Index and Health* [online]. New York: Nova Science Publisher, 2005. [cit. 2012-04-22]. ISBN 1-59454-281-3. Dostupné na:

<http://books.google.cz/books?id=LV8gvxsHnLAC&printsec=frontcover&dq=body+mass+index+and+health&hl=cs&sa=X&ei=r3mST5f2GMyc-wblgtW2BA&ved=0CDgQ6AEwAA#v=onepage&q=body%20mass%20index%20and%20health&f=false>

CAMERON, Nod in ULJASZEK, Stanley J., JOHNSTON, Francis E. a PREECE, Michael A. *The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development* [online]. 2. vydání. Cambridge University Press, 2000. [cit. 2012-04-11]. ISBN 0-521-56046-2. Dostupné na: <http://books.google.cz/books?id=YA-LdyHJ9QC&pg=PA36&dq=measurement+of+natural+isotope+of+potassium+body+composition&hl=cs&sa=X&ei=jO->



[FT8HDOoXvsGaNiqH7Bg&ved=0CDkQ6AEwAQ#v=onepage&q=measurement%20of%20natural%20isotope%20of%20potassium%20body%20composition&f=false](http://www.nature.com/ijo/journal/v25/n11/full/0801787a.html)

VISSCHER, T. L. S. aj. A comparison of body mass index, waist – hip ratio and waist circumference as predictors of all-cause mortality among the elderly: the Rotterdam study, *International Journal of Obesity* [online]. 2001, 25, 1730–1735. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na: <http://www.nature.com/ijo/journal/v25/n11/full/0801787a.html>

VORVICK, Linda J. *Body mass index*. Update: 2010-07-23. [cit. 2012-03-20]. Dostupné na: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/007196.htm>

WEBBER, J. aj. A comparison of skinfold thickness, body mass index, bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry in assessing body composition in obese subjects before and after weight loss, *Clinical Nutrition* [online]. 1994, 13, 177-182. [cit. 2012-04-29]. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0261561494900981>

WOLIN, Kathleen Y., PETRELLI, Jennifer M. *Obesity* [online]. Santa Barbra: Greenwood Publishing Group, 2009. [cit. 2012-04-22]. ISBN 978-0-313-35276-8. Dostupné na: <http://books.google.cz/books?id=SLJ0c4a0ez4C&pg=PA97&dq=obesity+body+mass+index+wolin&hl=cs&sa=X&ei=zHuST6qhIoiT-waTyayiBA&ved=0CDwQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>

## SEZNAM ZKRATEK

BI	Bennův index
BIA	bioelectrical impedance analysis - bioelektrická impedance
BMI	body mass index – index tělesné hmotnosti
CT	komputer tomography - počítačová tomografie
DEXA	dual energy X–ray absorpciometry - duální rentgenová absorpciometrie
FFM	fat - free mass – tukuprosté tkáně
ICHS	ischemická choroba srdeční
NMR	nukleární magnetická rezonance
RI	Rohrerův index
TOBEC	Total body electric conductivity – celotělová elektrická vodivost
WHO	World Health Organization – Světová zdravotnická organizace
WHR	waist – hip ratio – poměr pas/boky

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Sheldonův somatograf .....	9
Obrázek 2 – Dvoukomorový pletyzmograf Bod Pod .....	29

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Hodnocení rizika metabolických komplikací dle měření obvodu pasu ...	12
Tabulka 2 - Hodnocení klasifikace nadváhy a podváhy na základě BMI dle WHO ..	14
Tabulka 3 - Hodnocení BMI a tělesné výšky dle percentilů .....	15
Tabulka 4 - Klasifikace WHR pro hodnocení typu rozložení tělesného tuku .....	25
Tabulka 5 - Lokalizace pro měření kožních řas .....	27

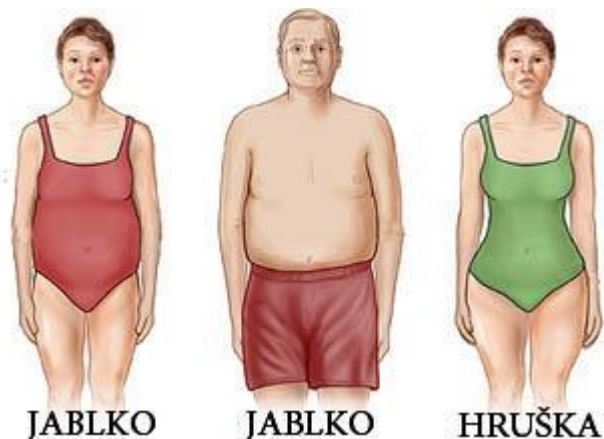
## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Porovnání androidního typu u žen, u mužů a gynoidního typu .....	53
Příloha 2 – Androidní typ obezity v porovnání s gynoidním typem (obrázek z boku)	53
Příloha 3 – Percentilový graf BMI pro dívky .....	54
Příloha 4 – Percentilový graf BMI pro chlapce .....	55
Příloha 5 – Kaliperace .....	56

## PŘÍLOHY

### Příloha 1

Porovnání androidního typu u žen, u mužů a gynoidního typu

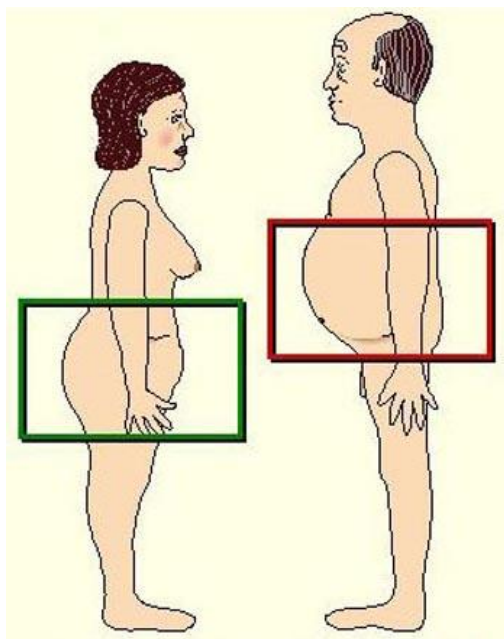


zdroj:

[http://www.fitnet.eu/index.php?&desktop\\_back=clanky&action\\_back=&id\\_back=28&desktop=clanky&action=view&id=322](http://www.fitnet.eu/index.php?&desktop_back=clanky&action_back=&id_back=28&desktop=clanky&action=view&id=322) [cit. 2012-04-30]

### Příloha 2

Androidní typ obezity v porovnání s gynoidním typem (obrázek z boku)



zdroj: <http://nadvaha-dieta.meu.zoznam.sk/news/vysoky-i-nizky-krvny-tlak-neboli-ale-zabija-hlavne-v-lete-rady-na-stravovanie-a-odstranenie-nadvahy/> [cit. 2012-04-30]







## **Příloha 5**

### **Kaliperace**



zdroj: [http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD\\_DS3/hypertext/HKAAI.htm](http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD_DS3/hypertext/HKAAI.htm) [cit. 2012-04-30]