

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**  
**FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

**SROVNÁNÍ RŮZNÝCH METOD PRO STANOVENÍ  
MNOŽSTVÍ TUKU V TĚLE U ŽEN S NADVÁHOU  
A OBEZITOU**

**Diplomová práce**

Vedoucí diplomové práce:

MUDr. Martin Matoulek, Ph.D.

Zpracovala:

Bc. Renata Šupová

Září 2006

## **Abstrakt:**

**Název práce:** Srovnání různých metod pro stanovení množství tuku v těle u žen s nadváhou a obezitou

**Title of thesis:** Comparison of various methods for body fat assessment in overweight and obese female

**Cíle práce:** Cílem práce bylo srovnání nejčastěji užívaných metod v klinické praxi (BIA metody pomocí přístrojů Bodystat, Omron a Tanita, metoda kaliperace) pro stanovení množství tělesného tuku u žen s nadváhou a obezitou s metodou referenční (DEXA). Dalším cílem bylo sestavení predikčních rovnic pro výpočet % tělesného tuku za použití dostupných metod.

**Metoda:** Studie se zúčastnilo 61 žen s nadváhou a obezitou (průměrný věk 48,6 let  $\pm$  13,9). Pro stanovení množství tuku v těle byly využity čtyři terénní metody - bioimpedanční metoda s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat), bioimpedanční metoda s bipedálním uspořádáním elektrod (přístroj Tanita), bioimpedanční metoda s využitím úchopu rukama (přístroj Omron) a antropometrické měření - metoda kaliperace. Tyto metody byly srovnány s metodou referenční - metoda celotělové denzitometrie (DEXA). Statistická analýza byla provedena za pomoci statistického programu Eviews 4.1 a programu Microsoft Office Excel XP Profesional.

**Výsledky:** Porovnání výsledků jednotlivých metod ukazuje, že naměřené hodnoty tělesného tuku se od sebe významně liší v závislosti na použité metodice. Na základě výsledků korelace bylo zjištěno, že s referenční metodou DEXA vykazuje nejvyšší vzájemnou korelaci metoda BIA pomocí přístroje Bodystat ( $R = 0,9096$ ). Pro přesnější předpověď hodnot množství tělesného tuku pomocí zkoumaných metod byly vytvořeny predikční rovnice. Za využití predikčních rovnic byly u všech použitých metod zjištěny významné korelace s metodou DEXA (Bodystat -  $R = 0,9330$ , Omron -  $R = 0,9155$ , Tanita -  $R = 0,9029$ , kaliperace -  $R = 0,9222$ ).


**Klíčová slova:** obezita, nadváha, tělesný tuk, BIA, DEXA, kaliperace, predikční rovnice

## **Poděkování**

Za odborné vedení, cenné připomínky a nezištnou pomoc při zpracování této práce děkuji mému vedoucímu práce MUDr. Martinovi Matoulkovi, Ph.D.. Dále děkuji lékařům z Ústavu tělovýchovného lékařství a laborantkám osteocentra III. interní kliniky 1. LF UK a VFN Praha za pomoc při provádění jednotlivých měřicích metod. Za umožnění provedení této studie a poskytnutí odborných materiálů děkuji celému týmu Rekondičního centra VŠTJ Medicina Praha. V neposlední řadě také děkuji statistikům Ing. Petrovi Hájkovi a Mgr. Lukášovi Horákovi za odbornou pomoc při statistickém zpracování sebraných dat.

Studie byla podpořena grantem IGA MZ CR 8384-3.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci zpracovala samostatně a uvedla v ní veškeré zdroje, kterých jsem v práci použila.



---

Renata Šupová

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům.

Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení:      Číslo občanského průkazu:      Datum vypůjčení:      Poznámka:

## OBSAH

<b>I ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>II TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 OBEZITA</b> .....	<b>11</b>
1.1 DEFINICE OBEZITY.....	11
1.2 PREVALENCE OBEZITY.....	11
1.3 ETIOPATOGENEZE OBEZITY .....	12
1.3.1 Energetický příjem.....	13
1.3.2 Energetický výdej.....	13
1.3.3 Regulace energetické rovnováhy .....	14
1.4 DŮSLEDKY A ZDRAVOTNÍ KOMPLIKACE OBEZITY .....	15
1.5 VYŠETŘENÍ OBÉZNIHO PACIENTA .....	18
1.5.1 Anamnéza.....	18
1.5.2 Stanovení BMI .....	18
1.5.3 Stanovení obsahu tuku v těle.....	20
1.5.4 Vyšetření distribuce tuku v těle.....	20
1.5.5 Vyšetření příjmu a výdeje energie.....	22
1.6 MOŽNOSTI LÉČBY OBEZITY .....	22
1.6.1 Dietní léčba.....	23
1.6.2 Pohybová léčba.....	24
1.6.2.1 Deskripce pohybové aktivity.....	27
1.6.3 Kognitivně behaviorální intervence.....	28
1.6.4 Farmakoterapie .....	29
1.6.4.1 Indikace farmakoterapie obezity .....	30
1.6.4.2 Dlouhodobá farmakoterapie obezity.....	31
1.6.5 Chirurgická léčba .....	31
<b>2 METODY STANOVENÍ OBSAHU TUKU V TĚLE</b> .....	<b>33</b>
2.1 TĚLESNÝ TUK .....	33
2.1.1 Tělesný tuk během ontogenetického vývoje.....	34
2.2 METODY PRO ZJIŠŤOVÁNÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ.....	35
2.2.1 Nejčastěji používané laboratorní metody pro zjišťování složení těla .....	35
2.2.1.1 Celková denzita těla .....	35
2.2.1.2 Měření celkové tělesné vody – hydrometrie.....	36
2.2.1.3 DEXA – duální rentgenová absorpcimetrie.....	37
2.2.1.4 Měření celkového tělesného draslíku .....	37

2.2.2	<i>Metody pro vyšetření tělesného složení v terénu</i> .....	38
2.2.2.1	Antropometrie .....	38
2.2.2.2	Bioelektrická impedance (BIA).....	39
2.2.2.3	NIRI (Near infrared interactance).....	40
2.2.3	<i>Metody pro hodnocení vícesložkového modelu tělesného složení</i> .....	40
2.2.3.1	In vivo neutronová aktivační analýza (IVNAA) .....	40
2.2.3.2	Zobrazovací techniky .....	40
2.2.3.3	Kreatinová exkrece.....	41
<b>III PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....		<b>42</b>
<b>1</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>42</b>
1.1	ÚKOLY PRÁCE .....	42
1.2	HYPOTÉZY .....	42
<b>2</b>	<b>METODIKA</b> .....	<b>43</b>
2.1	METODIKA VÝZKUMU .....	43
2.2	ZAJIŠTĚNÍ PODMÍNEK PRO TESTOVÁNÍ.....	43
2.3	CHARAKTERISTIKA VYBRANÉHO SOUBORU .....	44
2.4	SBĚR OSOBNÍCH DAT A ZÁKLADNÍCH ANTROPOMETRICKÝCH HODNOT.....	45
2.5	POUŽITÉ METODY PRO HODNOCENÍ MNOŽSTVÍ TĚLESNÉHO TUKU .....	45
2.5.1	<i>Metoda DEXA (dual energy X-ray absorptiometry)</i> .....	45
2.5.2	<i>Bioimpedanční metoda – přístroj BODYSTAT QuadScan 4000</i> .....	45
2.5.3	<i>Bioimpedanční metoda s bipedálním uspořádáním elektrod - přístroj TANITA TBF 410</i> .....	46
2.5.4	<i>Bioimpedanční metoda – přístroj Omron BF 306</i> .....	46
2.5.5	<i>Antropometrická metoda - kaliperace</i> .....	46
2.6	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ .....	47
<b>2</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>48</b>
2.1	BODYSTAT .....	52
2.2	OMRON.....	54
2.3	TANITA.....	56
2.4	KALIPERACE.....	58
2.5	SOUHRN .....	60
<b>IV DISKUZE</b> .....		<b>61</b>
<b>V ZÁVĚR</b> .....		<b>67</b>
<b>VI SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....		<b>68</b>
<b>VII SEZNAM PŘÍLOH</b> .....		<b>73</b>

## Seznam zkratk

ATH	aktivní tělesná hmota
BF	tělesný tuk (body fat)
BIA	bioelektrická impedance
BMI	index tělesné hmotnosti (body mass index)
CT	počítačová tomografie
ČLS JEP	Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně
DEXA	duální rentgenová absorpciometrie
DM	diabetes mellitus
GI	glykemický index
HDL	lipoprotein s vysokou hustotou (high density lipoprotein)
ICHS	ischemická choroba srdeční
IVNAA	in vivo neutronová aktivační analýza
LBM	beztuková tělesná hmota (lean body mass)
MET	metabolická konstanta (násobek REE pro definovanou fyzickou aktivitu)
MRI	magnetická rezonance (magnetic resonance imaging)
NIRI	near infrared interactance
REE	klidový energetický výdej (resting energy expenditure)
TBW	celková tělesná voda (total body water)
VŠTJ	vysokoškolská tělovýchovná jednota
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)
WHR	poměr pas/boky (waist to hip ratio)



# I Úvod

Obezita se stává nejčastější metabolickou chorobou dneška. Řadí se mezi závažná civilizační onemocnění, která vznikají v důsledku životních podmínek a životního stylu. Prevalence a incidence obezity nabývá v posledních letech charakteru celosvětové epidemie (7, 50).

Je prokázáno, že obezita zvyšuje riziko výskytu metabolických, kardiovaskulárních a nádorových onemocnění. Dalšími komplikacemi souvisejícími s obezitou jsou degenerativní onemocnění pohybového aparátu a psychické poruchy. Světová zdravotnická organizace vyzývá k zavedení opatření vedoucích k prevenci, kontrole a zvrácení negativního trendu v obezitě (47).

V současné době se v klinické praxi k diagnostice nadváhy a obezity využívá především klasifikace pomocí indexu tělesné hmotnosti (BMI – body mass index). BMI však neodráží přesný podíl tuku a tukuprosté hmoty. Avšak právě celkové množství tuku a jeho rozložení v těle hraje, dle epidemiologických studií, možná významnější úlohu ve výskytu tzv. civilizačních onemocněních. Ve srovnání s klasifikací dle BMI má procento tělesného tuku větší vypovídající schopnost a je těsněji spjato se zdravotními riziky provázejícími obezitu. Z toho vychází zvýšený zájem odborníků i široké veřejnosti o měření tělesného tuku. V současné době se odborné studie soustřeďují nejen na změny složení těla v průběhu růstu, vývoje a stárnutí, ale je také veliký zájem o sledování tělesného složení pod vlivem fyzické zátěže například při léčbě obezity (29, 46, 47).

Zjištění tělesného složení, resp. stanovení množství a rozložení tělesného tuku patří do základního klinického vyšetření obézního pacienta. Byla proto vyvinuta celá řada metod, které se od sebe liší jak přístrojovou i personální náročností, tak i přesností stanovení sledovaných dat a jejich interpretací (4, 29, 30). Jako zlatý standard je dnes uznávána metoda celotělové denzitometrie – DEXA (duální rentgenová absorpciometrie (53, 54). Heyvard uvádí metodiku DEXA jako jednu ze tří referenčních hodnot (vedle podvodního vážení a měření tělesné vody izotopy uhlíku) (4, 14).

Tato i ostatní metody, které jsou považovány za referenční, jsou však v našich podmínkách omezeně dostupné. Je proto snaha využívat metody, které mají sice sníženou přesnost, ale jsou použitelné i v terénu (17, 47).

Cílem mé práce je porovnat čtyři v klinické praxi dostupnější metody (metoda antropometrická – kaliperace a metody založené na vodivosti těla - bioimpedanční analýza pomocí přístrojů Omron, Tanita a Bodystat) s metodou DEXA a najít metodu, která se co nejvíce blíží metodě DEXA a zároveň je využitelná v terénu pro měření osob s nadváhou a obezitou. Na základě výsledků sestavit vhodné predikční rovnice pro tuto kategorii osob.

Měření množství tukové tkáně může sloužit jak při jednorázovém vyšetření obézního pacienta pro stanovení kardiovaskulárních a metabolických rizik, tak i opakovaně ke kontrole účinnosti redukčního programu (29, 31, 44). Také, jak usuzuji z mých dosavadních zkušeností a praxe v Rekondičním centru VŠTJ Medicína Praha pro osoby s nadváhou a obezitou, je stanovení množství tělesného tuku významný motivační prvek. Je důležitý zvláště na počátku redukčního pohybového programu, kdy ještě nelze pozorovat váhový úbytek, ale dochází ke změnám v tělesném složení ve smyslu úbytku tukové tkáně a přírůstku aktivní tělesné hmoty. I proto se jeví nalezení co nejdostupnější, ale přesto co nejpřesnější metody pro hodnocení složení těla jako významné pro možnost ovlivnění compliance pacientů s nadváhou a obezitou.

## II Teoretická část

### 1 Obezita

#### 1.1 Definice obezity

Obezita je definována patologickým zmnožením tukové tkáně v organismu, které je spojené s nárůstem hmotnosti. Nadměrné ukládání tuku v organismu nastává většinou v důsledku pozitivní energetické bilance jedince (7, 8).

K diagnostice obezity se v klinické praxi běžně užívá klasifikace pomocí indexu tělesné hmotnosti - Queteletova hmotnostní indexu, který je celosvětově označován jako body mass index. (BMI) Při BMI  $30 \text{ kg/m}^3$  a více hovoříme o obezitě, která se dále dělí na tři stupně podle rizika zdravotních komplikací (47, 50). Podrobněji BMI popisuje kapitola 1.5.2. BMI však nerozlišuje podíl tuku a tukoprosté hmoty v těle. Daleko větší výpovědní hodnotu a také těsnější souvislost se zdravotními riziky provázejícími obezitu má množství tělesného tuku (body fat, % BF). Množství resp. zastoupení tělesného tuku je vyšší u žen než u mužů a tyto odlišnosti nemusí být pomocí BMI postihnuty. Rozdíly jsou také ve vztahu mezi hodnotami BMI a % BF u sportovců a četné studie ukazují, že tento vztah se liší u různých skupin populací. Normální podíl tuku v organismu je u žen do 25 – 32 % a u mužů do 20 – 25 %. Pomocí procenta tělesného tuku je nejčastěji definována obezita jako % BF  $\geq 25 \%$  u mužů a % BF  $\geq 32\%$  u žen (7, 18, 49).

#### 1.2 Prevalence obezity

Lidí s nepřiměřeně vysokou hmotností v posledních letech přibývá. V roce 1995 se počet obézních lidí na celém světě odhadoval na 200 milionů. V roce 2000 však toto číslo stoupl na 300 milionů lidí. Obezita představuje problém nejen ve vyspělých zemích, ale roste rapidně i v mnoha rozvojových zemích. Prevalence obezity u dospělých je 10 až 25 % ve většině zemí západní Evropy a 20 – 25 % v některých zemích v Americe, Situace je

však mnohem horší ve východní Evropě, kde obezitou trpí 40 % žen, dále ve státech Středozeří a u černých žen v USA. Česká republika se v počtu obézních propracovala na přední místo v celé Evropě. 21 % mužů a 31 % žen u nás je obézních. Sečteme-li nadváhu a obezitu, vyjde nám u žen alarmující číslo 68 % a u mužů dokonce 72 %. Oproti zbytku Evropy je u českých mužů zejména vyšší výskyt obezity, u žen je nižší výskyt nadváhy a výrazně vyšší výskyt obezity (57). Alarmující jsou také výsledky kontrolní studie MONICA (MONItoring of trends and determinants in CArdiovascular diseases), prováděné v roce 1996 např. také v benešovském okrese. U populace ve věku 34 – 74 let byla zjištěna obezita u 40% žen a téměř u 30% mužů. Pouze něco přes 22% obyvatel tohoto okresu mělo přiměřenou nebo nižší hmotnost. S tím souvisí i rozdílný poměr obézních jedinců ve městech a na vesnicích. U venkovské populace se na vysokém výskytu obezity podílí zejména fakt, že společenský tlak doposud neovlivňuje zakořeněné jídelní návyky a nízkou motivaci a adherenci k redukčnímu režimu jako je tomu ve větších městech (7, 37, 50, 62).

### 1.3 Etiopatogeneze obezity

Příčiny obezity bývají většinou kombinované. Jen nepatrný zlomek všech obezit tvoří přesně definované endokrinní a geneticky podmíněné či farmakologicky navozené obezity. Většinou se však jedná o obezitu prostou, která se hlavní měrou podílí na výskytu obezity vůbec. Obezita prostá, o které budeme nadále hovořit, vzniká v důsledku pozitivní energetické bilance, když energetický příjem převyší energetický výdej (energetická bilance = energetický příjem – energetický výdej) (1, 7, 16).

Jak energetický příjem a jeho skladba, tak energetický výdej a spalování živin jsou ovlivňovány řadou exogenních i endogenních faktorů (8). Podíl genetických faktorů na tělesné hmotnosti je asi 40%, zbytek je dán faktory zevními (1). Obezita je tedy multifaktoriálně podmíněná metabolická choroba, u které je nutno brát v úvahu individuální geneticky podmíněnou náchylnost k hromadění tukových zásob (8, 15).

### 1.3.1 Energetický příjem

Energetický příjem je ovlivněn zastoupením základních živin. Na zvýšeném energetickém příjmu se podílí především zvýšená konzumace tuků. Tuky by se měly správně na celkovém energetickém příjmu podílet 30%. Ve skutečnosti však představují 36–38% energetického příjmu, přičemž u venkovské populace a u starších osob podíl tuku často přesahuje 40%. Tuky mají malou sytící schopnost, ve srovnání s bílkovinou či sacharidovou potravou musí obézní jedinec tedy zkonsumovat větší množství tuků k odstranění pocitu hladu. Obézní jedinec však preferuje tuk také pro jeho sensorické vlastnosti. Tuk dodá potravě charakteristickou plnost. Dle Hainera a kol. příjem sacharidů ani bílkovin oproti tukům nesehrává podstatnou úlohu při rozvoji obezity. Některé studie sice zvažují možný vliv nadměrného přísunu bílkovin v časném dětství na rozvoj obezity v pozdějším věku, ale výsledky těchto studií nebyly dosud jednoznačně potvrzeny (7).

Na vzniku obezity a zejména na akumulaci rizikového viscerálního tuku se může podílet také zvýšená konzumace alkoholu. Alkohol má vysoký energetický obsah (29 kJ/g) a je bezprostředně po požití oxidován. Tím dochází k potlačení oxidace ostatních energetických zdrojů, což má za následek jejich hromadění (7, 8).

Dalším činitelem, který se může podílet na rozvoji obezity a jejich komplikací, je nedostatek vlákniny. Vlákna snižuje tzv. „energetickou denzitu“ potraviny, díky své bobtnavosti navozuje dilataci horních partií zažívacího traktu a tím navozuje pocit sytosti. Navíc rozpustná vlákna obsažená v ovoci a zelenině ovlivňuje lipidové spektrum a metabolismus sacharidů (7, 15).

### 1.3.2 Energetický výdej

Celkový energetický výdej se sestává z klidového energetického výdeje, postprandiální termogeneze a z energetického výdeje při pohybové aktivitě (viz obr. č. 1). Fakultativní složku v energetickém výdeji představuje jeho vzestup navozený kouřením či konzumací nápojů s obsahem kofeinu. Podstatnou část energetického výdeje (55 – 70 %) tvoří klidový energetický výdej (Resting Energy Expenditure - REE). Ten slouží k zajištění základních životních funkcí organismu a k udržování tělesné teploty. Dalším podílníkem je

postprandiální termogeneze někdy označovaná jako dietou navozená termogeneze. Je spojena s trávením, vstřebáváním, metabolismem přijatých živin a s aktivací sympatického nervového systému po jídle. Tvoří asi 8-12% z celkového energetického výdeje. Významnou složkou podílející se na celkovém energetickém výdeji je také pohybová aktivita. Ta tvoří cca 20-40% z celkového energetického výdeje. Vlivem socioekonomických faktorů se právě stále více se snižující pohybová aktivita podílí velkou měrou na etiopatogenezi obezity. Výše celkového energetického výdeje je ovlivněna také aktivitou sympatického nervového systému, jehož stimulace vede ke zvýšení energetického výdeje (7).

### 1.3.3 Regulace energetické rovnováhy

Regulace energetické rovnováhy je komplexní děj, který je ovlivňován mechanickými signály ze zažívacího traktu, nutričními signály odrážejícími příjem základních živin, termogenními signály informujícími o zevní a vnitřní teplotě a neurohormonálními signály, které integrují tuto regulaci v hypotalamu. Integrující úlohu hypotalamu v regulaci energetické rovnováhy ovlivňuje i přímá signalizace o úrovni tukových energetických zásob zprostředkovaná leptinem. Leptin je proteohormon, jehož tvorba je zakódována ob genem. Váže se na receptor v hypotalamu, aktivuje sympatický nervový systém a tím zvyšuje energetický výdej. Dále, kromě jiného, stoupá vlivem leptinu oxidace tuků, snižuje se syntéza mastných kyselin a klesá obsah triacylglycerolu ve tkáních. Leptin zabraňuje steatóze orgánů a objevují se dnes studie o jeho protektivním působení na vznik diabetu (7).

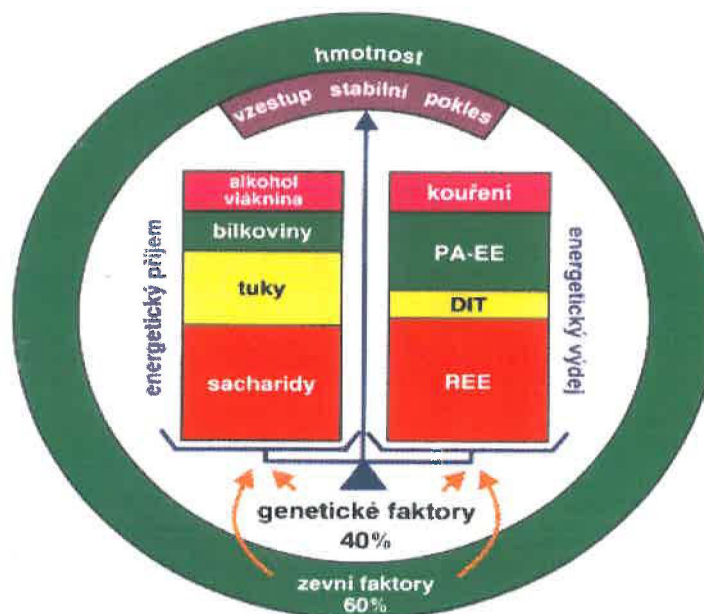
Genetické faktory ovlivňují energetickou rovnováhu, jak s ohledem na energetický příjem, tak s ohledem na energetický výdej. Geneticky determinované faktory ovlivňující rozvoj obezity jsou faktory související se základními živinami (např. regulace příjmu potravy nastavením v regulačních hypotalamických centrech, preference potravin, schopnost spalovat tuky a sacharidy atd.), faktory související s energetickým výdejem (např. klidový energetický výdej, postprandiální energetický výdej, spontánní pohybová aktivita) a hormonální faktory (např. inzulin a citlivost k inzulinu, leptin a citlivost k leptinu atd.) (7). Obr. č. 1 (str.15) ukazuje podíl faktorů na určování tělesné hmotnosti.

### Obr.č.1: Faktory ovlivňující energetickou rovnováhu (10)

PA-E - energetický výdej při pohybové aktivitě

DIT - postprandiální termogeneze

REE - klidový energetický výdej



#### 1.4 Důsledky a zdravotní komplikace obezity

Obezita je dnes považována za jedno z primárních zdravotních rizik industriální společnosti. Četné zdravotní komplikace obezity významně ovlivňují jak nemocnost, tak kvalitu a délku života obézního jedince (12, 40). Obezita hraje důležitou negativní roli v patogenezi řady závažných onemocnění. Je považována za nezávislý rizikový faktor vzniku a rozvoje kardiovaskulárních onemocnění, cévní mozkové příhody, diabetu mellitu 2. typu, hypertenze, hyperlipoproteinémie apod. Podílí se na rozvoji degenerativních kloubních onemocnění, zhoršuje dýchací funkce a zvyšuje depresivní ladění (12, 15).

Obezita patří mezi hlavní složky komplexu onemocnění, které se vyskytují společně – metabolického syndromu. Takzvaný metabolický syndrom X či Reavenův syndrom, je onemocnění s velmi vysokým výskytem. V našich podmínkách může postihovat až přes 30 % populace, u některých populací mohou některé složky syndromu postihnout až 60 % osob (38, 39). Tento syndrom je stanoven na základě přítomnosti kombinace hypertenze,

obezity, dyslipidémie a poruchy glukózové tolerance respektive diabetu mellitu 2. typu (33). Kromě kombinace těchto základních klinických poruch mohou být nalezeny další metabolické abnormality jako je například hyperurikémie, porucha koagulace a fibrinolýzy, zvýšená agregace trombocytů, endotelová dysfunkce a další složky, které jsou s těmi základními ve více či méně pevné vazbě (33, 51).

Udává se, že s největším kardiovaskulárním rizikem souvisí obezita abdominální a novější práce prokázaly, že zvětšený obvod pasu koreluje nejen se zvýšeným výskytem kardiovaskulárních příhod, ale i se zvýšenou inzulínovou rezistencí. Distribuce tělesného tuku je tak lepším prediktorem kardiovaskulárního rizika než samotný stupeň obezity (33). Zdravotní komplikace obezity udává tabulka č.1 (str. 17).



**Tabulka č.1: Zdravotní komplikace obezity (40)**

<b>Metabolické</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inzulinrezistence – hyperinzulinémie – porucha glukózové tolerance – DM 2. typu</li> <li>• poruchy metabolismu lipidů: dyslipidémie, hypertriacylglycerolémie</li> <li>• hyperurikémie</li> <li>• zvýšení koncentrace fibrinogenu</li> </ul>
<b>Endokrinní</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hyperestrogenismus</li> <li>• hyperandrogenismus u žen</li> <li>• hypogonádismus u mužů s těžkou obezitou</li> <li>• hyposekrece růstového hormonu</li> <li>• pozměněná aktivita sympatoadrenálního systému</li> </ul>
<b>Kardiovaskulární</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hypertenze</li> <li>• hypertrofie a dilatace levé komory srdeční</li> <li>• ischemická choroba srdeční</li> <li>• arytmie</li> <li>• náhlá smrt</li> <li>• mozkové cévní příhody</li> <li>• varixy</li> <li>• tromboembolická nemoc</li> </ul>
<b>Onkologické</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>gynekologické nádory:</b> endometria, cervixu dělohy, vaječníku, prsu</li> <li>• <b>gastrointestinální nádory:</b> kolorektální, žlučníku a žlučových cest, jater, pankreatu</li> <li>• <b>urologické nádory:</b> prostaty, ledvin</li> </ul>
<b>Respirační</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hypoventilace a restrikce u Pickwickova syndromu</li> <li>• syndrom spánkové apnoe</li> </ul>
<b>Gastrointestinální a hepatobiliární</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gastroezofageální reflux</li> <li>• hiátová hernie</li> <li>• cholelithiáza</li> <li>• cholecystitida</li> <li>• jaterní steatóza</li> </ul>
<b>Ortopedické</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• degenerativní onemocnění kloubů a páteře, zejména artrózy nosných kloubů (koxartóza, gonartróza)</li> <li>• vybočená hleď</li> </ul>
<b>Kožní</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ekzémy a mykózy, zejména v místech vlhké zapáčky</li> <li>• strie</li> <li>• celulitida</li> <li>• hirsutismus</li> <li>• benigní papilomatóza</li> </ul>
<b>Psychosociální</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• společenská diskriminace („anti-fat racism“)</li> <li>• malé sebevědomí, porucha motivace</li> <li>• sebeobviňování</li> <li>• deprese, úzkost</li> <li>• poruchy příjmu potravy</li> </ul>
<b>Chirurgická a anesteziologická rizika</b>	vliv kardiorepiračních komplikací a horšího hojení ran
<b>Iatrogenní poškození</b>	vliv inadekvátních diet a nevhodné farmakoterapie
<b>Jiné</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• edémy</li> <li>• horší hojení ran</li> <li>• častější výskyt úrazů</li> <li>• častější výskyt kýl</li> </ul>

## 1.5 Vyšetření obézního pacienta

### 1.5.1 Anamnéza

Z anamnestických dat je velmi podstatná rodinná anamnéza (především výskyt obezity v rodině – poodhalení nejen genetické výbavy, ale i stejného životního stylu), dále vývoj hmotnosti v průběhu života jedince a zjištění nemocí komplikujících obezitu. Důležité jsou informace o jídelních zvyklostech pacienta a také anamnéza fyzické aktivity v průběhu celého života (7, 8). Nesmí se zapomenout ani na anamnézu farmakologickou, která je velmi důležitá, mimo jiné, při následné preskripci pohybových aktivit (36).

### 1.5.2 Stanovení BMI

Obezitu lze kvantitativně posoudit podle indexů tělesné hmotnosti a výšky. K posouzení stupně nadváhy se v klinické praxi používá hmotnostně výškový index tzv. BMI (body mass index).

$$\text{BMI} = \text{hmotnost v kg} / (\text{výška v m})^2$$

Je potvrzeno, že zdravotní rizika stoupají již od BMI 25 a ostře stoupají od hodnoty 27. Optimální životní prognózu mívají jedinci s BMI 20-22 (35, 41, 49).

V tabulce č.2 je uvedena klasifikace obezity dle BMI a riziko vzniku onemocnění související s obezitou. Na obrázku č.2 (str.19) jsou znázorněny typy postav dle BMI.

Jak již bylo řečeno, BMI však neodráží přesný podíl tuku a tukuprosté hmoty. Například při stejném BMI mají větší podíl tuku ženy než muži, starší jedinci než jedinci mladší. Málo spolehlivá informace při posuzování výsledků stanovení BMI vyplývá ze skutečnosti, že BMI nerespektuje individuální „trojpoměr“: 1. robusticity kostry, 2. rozvoje svalnatosti a 3. množství tělesného tuku. Na množství tělesného tuku bývá právě z indexu BMI často usuzováno. Jeho uplatnění je dle Vilikuse vhodné spíše u obézních osob než u běžné populace. Může nastat i situace, kdy robustní svalnatý jedinec

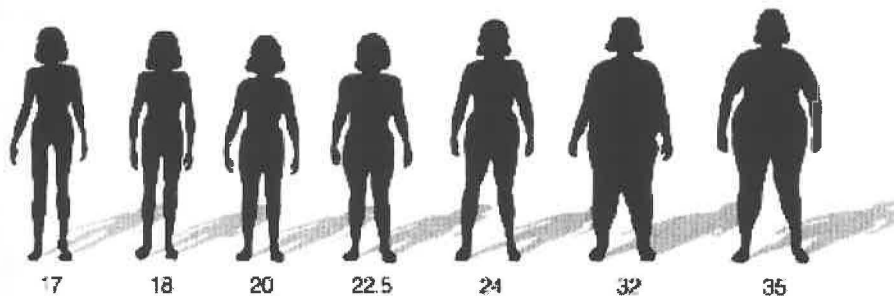
s minimálním množstvím tělesného tuku má stejnou hodnotu BMI jako jedinec s vysokým obsahem tělesného tuku. Například u sportovců provozujících silové sporty vzestup BMI odráží zmnožení svalové hmoty a nikoliv zmnožení tuků (7, 46, 50). Proto hodnotu BMI je nutno posuzovat opatrně.

**Tabulka č.2: Klasifikace BMI a riziko vzniku onemocnění souvisejících s obezitou (50)**

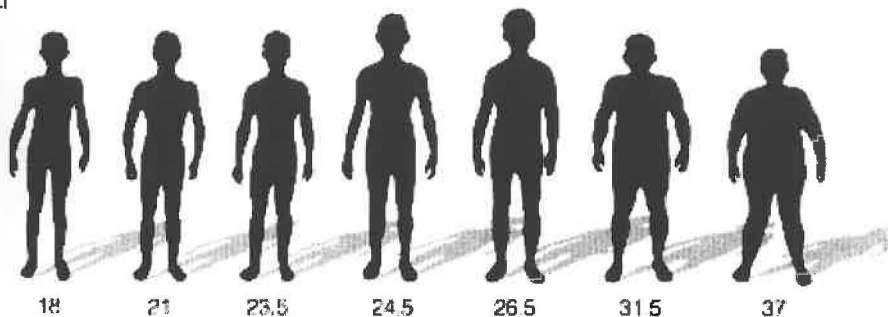
Klasifikace	BMI	Riziko vzniku komplikací
Podváha	menší než 18,50	malé
Normální hmotnost	18,50 - 24,99	průměrné
Nadváha	25,00 - 29,99	mírně zvýšené
Obezita I.stupně	30,00 - 34,99	středně zvýšené
Obezita II.stupně	35,00 - 39,99	dosti zvýšené
Obezita III.stupně	více než 40,00	velmi zvýšené

**Obr. č.2: Typy postav dle BMI (55)**

ženy



muži



### 1.5.3 Stanovení obsahu tuku v těle

Pro stanovení tělesného tuku byla vyvinuta celá řada metod. Existují metody, které se, díky své vysoké technické a finančně provozní náročnosti, používají pouze v klinických a experimentálních studiích. Tyto metody byly označeny jako referenční. (DEXA, MRI) Z referenčních metod byly odvozeny další nepřímé metody, jako jsou antropometrie včetně měření tloušťky kožních řas kaliperem a bioelektrická impedance (29, 47). O metodách pro stanovení tělesného složení podrobněji pojednává 2. kapitola diplomové práce.

Klasifikaci dle procentuálně vyjádřeného obsahu tělesného tuku v těle (% BF) u dospělé populace udává tabulka č. 3.

**Tabulka č.3: Klasifikace obsahu BF v % u dospělé populace (49)**

Klasifikace obsahu BF	Muži	Ženy
Minimální obsah tělesného tuku	5%	8%
Podprůměrný obsah tělesného tuku	5% - 15%	14% - 23%
Průměrný obsah tělesného tuku	16- 25%	24% - 32%
Nadprůměrný obsah tělesného tuku	≥ 25%	≥ 32%

### 1.5.4 Vyšetření distribuce tuku v těle

Kvalitativně se obezita dělí na typ androidní a gynoidní. Tato regionální distribuce tuku je podmíněna geneticky a hormonálně. Androidní (viscerální) obezita je typická pro muže a je charakteristická hromaděním tukových buněk v centrální abdominální oblasti, zatímco gynoidní (periferní) obezita je častější u žen s množstvím tukových buněk převážně na stehnech a hýždích (1, 33). Viz obr. č. 3 (str. 21).

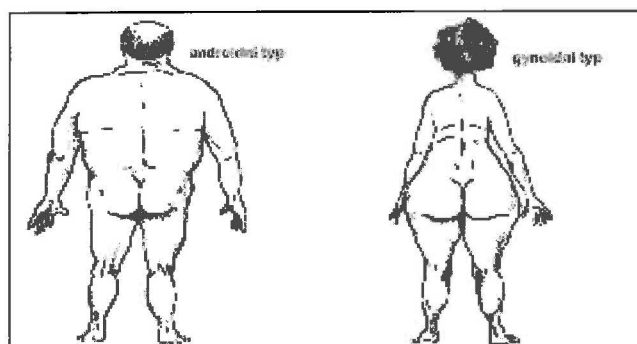
Distribuce tuku v těle představuje nezávislý rizikový faktor pro vznik DM 2. typu, hypertenze, aterosklerózy a jiných kardiovaskulárních komplikací. Studie dokonce dokazují, že nadbytek tuku v abdominální oblasti je spojený s větší mortalitou v porovnání s ženským typem obezity (23, 32, 35, 48).

Nejjednodušší metodou určení rizika těchto komplikací je měření obvodu pasu (23). Pas měříme krejčovským metrem v polovině vzdálenosti mezi dolním okrajem

spodního žebra a crista iliaca superior na konci běžného výdechu. Za abdominální obezitu se považuje stav, při kterém obvod pasu dosahuje 88 cm a více u žen a 102 cm a více u mužů (33, 35, 39).

Donedávna byl ke stanovení distribuce tuku nejběžněji používán poměr pas/boky (WHR – waist to hip ratio). Obvod boků se měří v horizontální rovině v úrovni maximálního vyklenutí hýždí. Rizikovou viscerální obezitu charakterizuje  $WHR \geq 0,85$  u žen a  $WHR \geq 1,0$  u mužů (40).

**Obr.č.3: Androidní a gynoidní obezita (40)**



### 1.5.5 Vyšetření příjmu a výdeje energie

K doporučení správné diety je nutné stanovení energetického obsahu potravy, zastoupení jednotlivých živin a zjištění jídelních zvyklostí. Ke zjištění příjmu energie se používá např. tří až sedmidenní záznam příjmu potravy subjektem. Je však samozřejmé, že výhodnější jsou záznamy delší – ideálně dva týdny. Tyto záznamy lépe kopírují jídelní zvyklosti i s různými „výjimkami“ jako je například víkend apod. Dalším z předpokladů doporučení vhodné diety je stanovení energetického výdeje subjektu. To zahrnuje stanovení celkového výdeje energie, který se skládá z bazálního energetického výdeje, postprandiální termogeneze a fyzické aktivity (7).

### 1.6 Možnosti léčby obezity

Terapie obezity vyžaduje vždy komplexní přístup. Léčba obézních může být kombinací až pěti léčebných postupů: dietoterapie, psychoterapie (zejm. kognitivně behaviorální intervence), fyzická aktivita, chirurgická léčba a farmakoterapie. Základní trojicí léčby je však dieta, zvýšení pohybové aktivity a psychoterapie. Léčba obézních je vždy založena na navození negativní energetické bilance, kdy příjem energie je menší než její výdej (40, 52).

Cílem terapie není dosažení ideální hmotnosti, nýbrž především snížení zdravotního rizika a dosažení trvalé změny. Hovoříme o takzvaném reálném cíli, tedy o 5 – 10% redukci tělesné hmotnosti a udržení dosaženého hmotnostního úbytku (19, 41). Již tato cílená redukce tělesné hmotnosti znamená pro postiženého velmi významné snížení zdravotního rizika. Mizí celá řada metabolických rizikových faktorů, klesá morbidita typicky asociovaných onemocnění s obezitou a výskyt jednotlivých složek metabolického syndromu. Dlouhodobá až celoživotní dispenzarizace se ukazuje jako nezbytná. Souhrnem lze úspěšnou komplexní terapeutickou intervenci charakterizovat jako trvalou změnu životního stylu (52).

### 1.6.1 Dietní léčba

Úprava stravovacího režimu by měla být vždy stanovena „na míru“ každému pacientovi za pomoci odborného zdravotnického personálu. Kunešová u jedinců s obezitou a metabolickým syndromem nedoporučuje velmi přísné diety, které pak pacienti nejsou schopni dlouhodobě dodržovat. Doporučuje se individuálně kalkulovaná vyvážená dieta s asi 20% kalorickou restrikcí (7, 8).

Základní předpoklady racionální léčebné diety lze shrnout do několika pravidel. Patří sem především omezení tuků jak ve formě vázané (mléko, mléčné výrobky, maso, uzeniny) tak ve formě volné (při přípravě pokrmů, mazání na pečivo). Důraz na zastoupení nízkotučných potravin, zvýšení podílu tzv. mediteránní stravy. Tuky mají všeobecně vysokou energetickou hodnotu, ale nízkou sytící schopnost. V dietě je nezbytné vyvážené zastoupení bílkovin a sacharidů a zařazování optimálního množství zeleniny (asi 300 g/den) a tím i vlákniny (52).

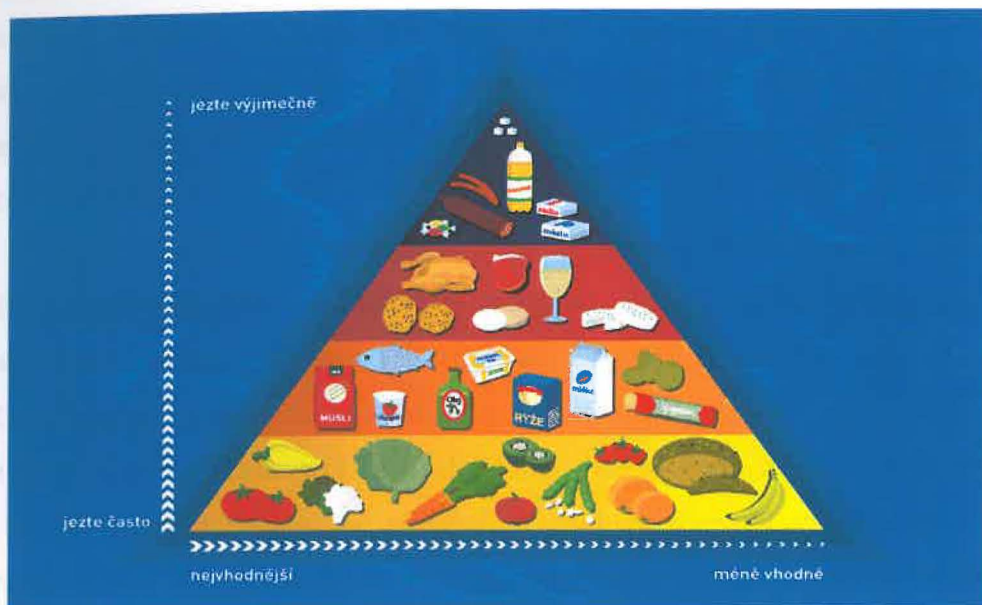
Výběr sacharidových potravin, zvláště u obézních pacientů s diabetem 2. typu, by měl být veden také s ohledem na jejich glykemický index (GI). Potraviny s vysokým GI vedou ve srovnání s potravinami s nízkým GI k vyššímu vzestupu inzulínu. Funkční hyperinzulinémie může vést k příbytku na váze přednostním směřováním živin k ukládání do tukové tkáně a nikoliv k oxidaci ve svalu (7).

Základem je dodržování pestrosti stravy a tím optimálního příjmu všech mikronutrientů (vitamíny, minerály a další biologicky aktivní látky) a základních makronutrientů (bílkovin, sacharidů a tuků). Dodržování pravidelnosti stravy ve 4 – 5 porcích denně vede k lepší využitelnosti substrátů a předchází poklesu glykémie při hladovění, které končí rychlým a nadměrným doplněním energie s rizikem pozitivní energetické bilance (52).

Mezi další zásady patří omezení kuchyňské soli, která má stimulační efekt povzbuzující chuť k jídlu a dostatečný přísun nízkoenergetických tekutin – 1,5 až 2 l denně (40).

Vhodnou pomůckou nejen při léčbě obezity, ale i při dodržování správných stravovacích návyků je tzv. potravinová pyramida. Viz obrázek č.4 (str.24).

Obr. č.4: Česká potravinová pyramida (63)



### 1.6.2 Pohybová léčba

Pohybová léčba je považována za jednu z klíčových složek léčby obezity. Pravidelná pohybová aktivita přispívá k negativizaci energetické bilance organismu a tím omezuje vytváření tukové tkáně a přispívá k redukci jejího již vytvořeného množství (7). Dále má významně pozitivní vliv na celou řadu metabolických parametrů a komplikací s obezitou spojených. Má přínosný účinek na pohybový systém, na celkovou zdatnost a fyzickou výkonnost, na psychický stav i kvalitu života (5, 42). Při redukční léčbě obezity se zvýšením množstvím pohybové aktivity se zvyšuje celkový energetický výdej. Je nutné však zdůraznit, že velikost energetického výdeje při pohybové aktivitě samozřejmě závisí na objemu pohybové aktivity, tj. na době jejího trvání, její intenzitě a jejím druhu (24, 42, 51).

Hainer uvádí, že kromě zvýšení energetického výdeje, dochází při pohybové aktivitě ke zvýšení oxidace tuků a že pravidelný pohyb má také vliv na lipolýzu a lipogenezi v tukové tkáni. Avšak tyto výsledky sledování účinků pravidelné pohybové aktivity na redukci hmotnosti u obézních nejsou jednoznačné (7).



Autoři se shodují, že pohybová aktivita ve spojení s dietou vede ke zvýšenému úbytku tukové tkáně a současně k menšímu (nebo žádnému) úbytku svalové hmoty ve srovnání s dietním režimem bez pohybového programu. Také řada studií ukazuje, že udržení váhy po ukončení dietního režimu je úspěšnější, pokud se pokračuje v pravidelné pohybové aktivitě (5, 7, 57).

Obezita je nejčastější poruchou, u níž je pozorována inzulinová rezistence a průvodní hyperinzulinémie, společné jmenovatele metabolického syndromu. V řadě sledování bylo dokázáno, že jednorázová tělesná zátěž i pravidelná pohybová aktivita snižují krátkodobě u obézních osob inzulinovou rezistenci a hyperinzulinémii (6, 58). Ke snížení inzulinové rezistence přispívají jak účinky pohybové aktivity na úrovni kosterního svalu, tak i redukce tukové tkáně především v abdominální oblasti. Pohybová aktivita přispívá ke snížení hypertenze, ke snížení hladiny triacylglycerolů a zvýšení hladiny HDL cholesterolu (6, 24, 38).

Nízká fyzická zdatnost se jeví dokonce jako větší riziko pro vznik kardiovaskulárních onemocnění než obezita samotná. Lee et al. dokonce naznačují, že je lepší být fyzicky zdatný obézní („fit-fat“), než štíhlý s nízkou fyzickou zdatností („unfit-unfat“). Z epidemiologických studií dále vyplývá, že pravidelná fyzická aktivita snižuje nejen riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění, ale podílí se i na nižším výskytu DM 2. typu a některých typů nádorů (27, 42).

Kromě základních účinků fyzické aktivity (zmnožení aktivní tělesné hmoty, snížení procenta tuku, poklesu hmotnosti, zvýšení kapacity plic se zvýšením fyzické zdatnosti) dochází i ke zvýšené produkci endorfinů v mozkové tkáni. Jejich prostřednictvím je navozen pocit uspokojení, odeznívají deprese a vzniká dobrá pohoda (tzv. well-being) (27, 38, 58). Shrnutí pozitiv, které s sebou pohybová aktivita přináší ukazuje tabulka č.3 (str. 26).

**Tabulka č.4: Pozitivní vlivy pohybové aktivity u obézních jedinců (10)**

<p><b>Vliv na energetickou bilanci</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• přispívá k negativní energetické bilanci při redukčním režimu</li> <li>• zabraňuje většímu poklesu klidového energetického výdeje při dietní léčbě obezity</li> <li>• zvyšuje postprandiální termogenezi u obézních</li> </ul>
<p><b>Změna poměru mezi tukem a aktivní tělesnou hmotou organismu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zvyšuje oxidaci tuků v tukové tkáni</li> <li>• snižuje aktivitu lipoproteinové lipázy v tukové tkáni obézních</li> <li>• zvyšuje lipolýzu v tukové tkáni a lipolytickou 'odpověď' na katecholaminy</li> <li>• zabraňuje poklesu aktivní tělesné hmoty při dietní léčbě obezity</li> </ul>
<p><b>Vliv na rizikové faktory kardiovaskulárních chorob</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• snižuje množství viscerálního tuku</li> <li>• příznivě ovlivňuje lipidové spektrum</li> <li>• příznivě ovlivňuje krevní tlak</li> <li>• snižuje hyperinzulinémi a inzulinorezistenci</li> <li>• pozitivně ovlivňuje morfologii a metabolismus kosterního svalu</li> <li>• zvyšuje utilizaci glukózy jak ovlivněním inzulinorezistence, tak zvýšením průniku glukózy do buněk nezávisle na inzulínu.</li> </ul>
<p><b>Vliv na fyzickou zdatnost a pohybové dovednosti</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pozitivně ovlivňuje fyzickou zdatnost a pohybové dovednosti</li> </ul>
<p><b>Vliv na psychickou pohodu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zvyšuje sebevědomí</li> <li>• potlačuje depresi a úzkost</li> </ul>
<p><b>Vliv na výběr a množství potravy</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• působí tlumivě na příjem potravy</li> <li>• snižuje preferenci jídel s větším obsahem tuku</li> </ul>
<p><b>Vliv na adherenci k redukčnímu režimu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• příznivě ovlivňuje adherenci k redukčnímu režimu, a tím i jeho dlouhodobou úspěšnost</li> </ul>

### 1.6.2.1 Deskripce pohybové aktivity

Při preskripci pohybové aktivity je nutné počítat se základními komponentami jako jsou intenzita zatížení, délka cvičení, frekvence opakování a způsob zatížení (34, 46, 51).

Většina autorů doporučuje aerobní pohybovou aktivitu 3x – 5x týdně. Dle Stejskala je nejvýhodnější alternativou cvičení ob – den (34). American College of Sports Medicine doporučuje cvičení každý den, minimálně 30 minut. Jako minimum udávají 150 minut za týden, tzn. 5x týdně 30 minut (59). Také dle Němcové z České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně je nejúčinnější pravidelná, dynamická, vytrvalostní zátěž 4 – 6x v týdnu, nejlépe každý den (61).

Jako nejvhodnější aktivity aerobního typu se udávají cyklické pohyby, například chůze, chůze s překonáváním výškového rozdílu, cyklistika, modifikovaný aerobik tzv. low impact aerobik (nízký aerobik bez poskoků), kondiční tělocvik, turistika na lyžích, severská chůze či plavání. Cyklistiku, která je výhodná ergonomicky z hlediska odlehčení nosných kloubů, je vhodné nahradit zátěží na ergometru v podmínkách tréninkových center či v domácnosti. Tím vyloučíme změnu intenzity zátěže v závislosti na vnějších podmínkách (terén, počasí...). Stejně tak i ostatní aktivity lze zčásti nahradit stroji ve sportovním zařízení – pohyb na běhacím pásu (treadmillu) nebo na simulátoru běžek (elypticalu), veslování na veslařském trenažéru (20, 21, 37, 49).

Plavání je často doporučováno jako nejvhodnější pohybová aktivita pro osoby s nadváhou a obezitou. Dochází k odlehčení všech nosných kloubů, zatížení většiny fázických svalů a šetření přetížených svalů posturálních. Pozitivně působí i na zvětšování kloubní pohyblivosti, na oběhový i dýchací systém. Problém je však ten, že s výjimkou závodních plavců, bývá dosažená intenzita zátěže nižší, než by bylo potřeba k redukci tuku a že proti studenému vodnímu prostředí se organismus brání ukládáním podkožního tuku (20, 45). Pobyt ve vodě je tak spíše než aerobním tréninkem vynikající regenerací pohybového systému (37). Vyššího energetického výdeje lze však docílit například hrami či aerobikem ve vodě (21).

Do programu pohybové aktivity je nutné také zařadit stretching, který vede k protažení svalů výrazně namáhaných při aerobní aktivitě. Stretching prováděný před i po aerobní pohybové aktivitě spočívá v prevenci zranění, v postupném navrácení původní

délky zkráceným svalům a snížení ztuhlosti svalů po námaze. Protahováním zároveň zvyšujeme rozsah pohyblivosti kloubů (49).

Je třeba zmínit, že dnes některé studie naznačují, že také silový trénink v kombinaci s aerobním cvičením by mohl u osob s metabolickým syndromem přispět ke zlepšení a redukci rizikových faktorů vyplývajících z tohoto onemocnění (11, 42).

Při provádění pohybové aktivity s obézními pacienty respektujeme následující doporučení, ke kterým dospělo více autorů:

- pohybovou aktivitu spojit s redukční dietou
- vyvarovat se poškození pohybového systému, především páteře a kloubů dolních končetin
- nespojovat pohybovou aktivitu s pobytem v horkém a vlhkém prostředí s velkými ztrátami tekutin a iontů
- respektovat všechny kontraindikace fyzické zátěže i důvody jejího přerušení, předcházet vzniku akutních rizik při pohybové činnosti (21, 31, 49).

Průvodním jevem obezity je zvýšený krevní tlak. Obézním se nedoporučují aktivity, při kterých se krevní tlak zvyšuje (silová, izometrická a anaerobní aktivita). Další omezení spočívá v nutnosti šetřit nosný aparát. Proto se nedoporučuje nadměrné zatěžování kloubní soustavy například během nebo poskoky (31, 45, 49).

### **1.6.3 Kognitivně behaviorální intervence**

Kognitivně behaviorální terapie je jedna ze základních směrů současné psychoterapie. Hlavním cílem je odstranění či zmírnění nevhodných návyků. Na základě teorie učení lze navodit žádoucí změny v chování, myšlení a emocích (8).

Kognitivně behaviorální intervence u obézních pacientů je psychologický přístup zahrnující analýzu životního stylu a zvyklostí pacienta, rozbor psychosociálních souvislostí stravovacích a pohybových návyků s cílem identifikace nevhodných stereotypů a negativních vlivů prostředí. Vlastní intervence pak spočívá v cílevědomé a racionální

úpravě životního stylu. Používají se techniky sebepozorování, kontroly vlastního aktu jídla, kontroly vnějších podnětů, zápisy jídelníčku, výpočet a sledování denního energetického příjmu, pozitivního sebeposilování, kognitivní techniky, výuka dietetiky a přípravy pokrmů (52).

Cílem je přebudovat pacientovy chybné názory na jídlo a vlastní vzhled, současně zlepšit sociabilitu (úprava chybné struktury osobnosti, zlepšení meziosobních vztahů zejména v rodině a vůči druhému pohlaví, vyřešení některých osobních a sociálních problémů) (26).

Důležitou součástí je také vedení k pravidelné pohybové aktivitě. Individuální přístup v rámci kognitivně behaviorální terapie je nenahraditelný. Účelná je skupinová terapie v rámci redukčních klubů pod vedením školených pracovníků (52).

Základní podmínkou úspěšné redukce hmotnosti je motivace. Pokud se člověk pohybuje v kategorii „měl bych, mám, musím“ nemá velkou naději na dlouhodobý úspěch. Pacient musí přejít ke „chci“ (19).

#### 1.6.4 Farmakoterapie

Farmakoterapii užíváme až při selhání nebo při nedostatečném efektu nefarmakologických postupů a zvláště u obézních nemocných s dalšími komplikacemi. Farmakologická léčba musí však být nutně součástí komplexní léčby, která je jediným předpokladem dlouhodobého úspěchu při redukci hmotnosti (52).

Moderní farmaka k léčbě obezity mají navodit pokles hmotnosti daný především redukcí tukové tkáně. Kritérium účinnosti léků proti obezitě je hmotnostní pokles alespoň o 5% výchozí váhy během tříměsíčního podávání. Léky proti obezitě by měly být účinné, bezpečné a nenávykové i při dlouhodobém podávání (7, 19).

V současnosti máme k dispozici k léčbě obezity jen velmi omezené množství léků, u nichž byla prokázána účinnost a bezpečnost i v dlouhodobých klinických studiích (7).

Mezi léčiva používaná k léčbě obezity řadíme léky tlumící chuť k jídlu – anorektika, léky ovlivňující vstřebávání živin z trávicího traktu a termogenní farmaka (7, 52).

### **Serotoninergní a katecholaminergní anorektika (např. sibutramin)**

Aktivní metabolity sibutraminu inhibují zpětné vychytávání serotoninu a noradrenalinu. Ke snížení hmotnosti vede snížený příjem potravy, navozený brzy nastupujícím pocitem sytosti. K tomu přispívá i stimulace termogeneze nepřímou aktivací sympatiku (7, 19).

### **Léky ovlivňující vstřebávání tuků ve střevě – inhibitory střevních lipáz (např. orlistat)**

Ke snížení hmotnosti zde vede neschopnost inaktivovaných enzymů hydrolyzovat v potravě obsažený tuk na triglyceridy, vstřebatelné neesterifikované mastné kyseliny a glycerol. Dochází tak k tomu, že nevstřebaý tuk odchází z organismu stolicí tzn. při vysokém obsahu tuku v dietě stoupá po orlistatu obsah tuku ve stolici (19). Potíže provázející steatorhoeu pak můžou na obézního jedince působit příznivě behaviorálně tím, že ho nutí aktivně omezovat obsah tuku ve stravě (7).

### **Termogenní farmaka – léky zvyšující energetický výdej (např. kombinace efedrinu a kofeinu - Elsinorské prášky)**

Tyto léky patří k tzv. nescifickým termogenním farmakům, které zvyšují energetický výdej, resp. zabraňují významnějšímu poklesu klidového energetického výdeje při léčbě nízkenergetickou dietou. Méně významné je jejich anorektické působení. Avšak vzhledem k možnému psychostimulačnímu působení a k možnosti vzniku návyku se k dlouhodobé léčbě obezity nehodí (7).

#### **1.6.4.1 Indikace farmakoterapie obezity**

Česká obezitologická společnost ČLS JEP doporučuje podávání farmak v léčbě obezity:

- U pacientů s BMI > 30, pokud selhala komplexní nefarmakologická léčba obezity (tzn. že během 3 měsíců léčby nebylo dosaženo hmotnostního poklesu většího než 5%).

- Za výše uvedených kritérií a jsou – li u pacientů s BMI 25 – 30 přítomna kardiovaskulární a metabolická rizika (např. hypertenze, dyslipidémie, diabetes mellitus 2. typu), která souvisejí s obezitou.

- Za účelem zvýšení compliance pacienta.

- S cílem zajistit dlouhodobé udržení dosaženého hmotnostního úbytku (7, 61).

#### 1.6.4.2 Dlouhodobá farmakoterapie obezity

Dlouhodobé podávání moderních léků proti obezitě nabízí umožnit udržení dosaženého hmotnostního úbytku. Účinnost a bezpečnost dlouhodobé farmakoterapie obezity byla potvrzena v nedávno publikované Glazurově metaanalýze farmakoterapeutických studií v trvání 36 – 52 týdnů. Avšak různorodost faktorů, které se účastní při vzniku a rozvoji obezity a při neschopnosti udržet hmotnostní pokles bude vyžadovat nezbytně i různé přístupy z hlediska farmakoterapie obezity. Nelze očekávat, že každý lék proti obezitě by měl být stejně účinný u všech obézních jedinců (52).

V blízké budoucnosti budou zřejmě vedle sibutraminu a orlistatu k dispozici další moderní léky s přesně definovaným účinkem, pomocí nichž budou moci být dlouhodobě cíleně korigovány metabolické či regulační poruchy uplatňující se v etiopatogenezi obezity. Dlouhodobá farmakoterapie obezity by měla probíhat za pravidelného sledování odborným lékařem školeným v obezitologii (7, 52).

#### 1.6.5 Chirurgická léčba

Chirurgické léčení obezity je dnes nedílnou součástí komplexního přístupu k tomuto onemocnění. Správně zvolený chirurgický zákrok u vybraných nemocných nabízí možnost výrazných váhových úbytků s dlouhodobým efektem a nízkým rizikem (56).

Bariatrická chirurgie je velmi efektivním postupem zvláště u obézních pacientů rezistentních na konzervativní léčbu. Standardně prováděná adjustabilní či neadjustabilní

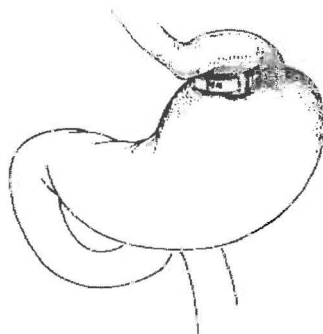
bandáž žaludku spočívá v implantaci manžety na žaludek. Viz obr. č.4 (str. 32). Operace se dnes standardně provádí laparoskopicky za minimalizace operačních rizik. Indikací chirurgické léčby obezity je BMI nad 40 (eventuálně nad 35) s manifestními komplikacemi a současně nedostatečná odpověď na komplexní konzervativní léčbu. V některých zemích jsou u rezistentních pacientů prováděny také různé druhy malabsorpčních operací (7, 56). Pacienti dostatečně motivováni k chirurgické léčbě musí být informováni o mechanismu zákroku, jeho následcích a zdravotních rizicích. Předpokladem úspěšné léčby je spolupráce pacienta zvláště v počátečním období pooperační adaptace a celkové předoperační vyšetření včetně psychologie k vyloučení bulimie. Dlouhodobá dispenzarizace po bariatrických operacích je nezbytná (52).

Studie dokazují, že po chirurgické léčbě u správně indikovaných pacientů dochází k výrazným úbytkům hmotnosti (8). Již hmotnostní úbytky dosahující kolem 5 – 10% nadváhy výrazně zlepšují některá k obezitě přidružená onemocnění (především hypertenze, DM II. typu, pohybové obtíže v důsledku bolestí a omezení funkce nosných kloubů a páteře), psychický stav nemocného i jeho pracovní i osobní aktivitu (7).

Stunkard popisuje studii, která udává výsledky po 5 letech od provedené gastrické bandáže. V této studii považuje 22% operací za neúspěšné (16% operací z důvodu úbytku váhy menší než 25% původní nadváhy a u 6 % pacientů z důvodu nutné reoperace). Zbylých 78% pacientů udrželi po 5 letech úbytek hmotnosti dosahující více než 25% jejich původní nadváhy (38).

Dle Hainera se pozdní komplikace jako opakované zvracení či prořezávání bandáže do žaludku a dilatace horní části žaludku vyskytují u méně než 5% pacientů (7).

**Obr.č.4: Bandáž žaludku**





## 2 Metody stanovení obsahu tuku v těle

### 2.1 Tělesný tuk

Tělesná hmotnost je součtem hmotnosti kosterního svalstva, kostí, tukové tkáně a zbývajících tkání, které tvoří především orgány. Zpravidla ji dělíme na tukovou tkáň a ostatní tkáň nazývané „libová“, též „aktivní“, „beztuková“ tělesná hmota (lean body mass, LBM). (dvoukomponentový model složení těla) (8).

Nejvariabilnější komponentou hmotnosti těla je tuk, který je hlavním faktorem inter i intraindividuální variability tělesného složení v průběhu celého vývoje. Je snadno ovlivnitelný výživou a pohybovou aktivitou, je významným faktorem vzniku a průběhu řady onemocnění (29, 30).

Tuková hmota zahrnuje všechny extrahované tuky z tukových a jiných tkání v těle. Tukuprostá hmota zahrnuje všechny zbytkové látky a tkáně, včetně svalů, kostí, pojivových tkání a vnitřních orgánů (14).

Tělesný tuk je zde brán jako chemická látka, tzn. že se jedná o všechny lipidy lidského těla, přičemž je pak nutno odlišit tukové buňky či tukovou tkáň jako takovou. Tělesný tuk je shromažďován v adipocytech (tukových buňkách) a jeho ukládání je dáno jejich počtem a velikostí. Vývoj adipocytů je řízen hormonálně a neuroendokrinními systémy, ve vztahu k regulaci energetické rovnováhy. Hlavní složkou tukové tkáně jsou triacylglyceroly, které jsou převážně v tukové vakuole. Ta určuje charakteristický tvar adipocytů – tvar pečetiho prstenu

Na zvětšování rozsahu tukové tkáně se uplatňují především vlivy genetické a vlivy zevního prostředí, zvláště výživy. Mechanismus, který k tomuto zvětšování vede, je dvojitý: hyperplazie – zvyšování počtu tukových buněk, hypertrofie – zvětšování objemu tukových buněk (16, 17).

Určité množství tuku je pro lidský organismus nezbytné. V lidském těle rozlišujeme dvě hlavní složky celkového tělesného tuku:

Tuk zásobní (depotní) je uložený v podkoží nebo viscerálně (vzájemný poměr je dán individuální variabilitou jedince). Optimální procento tělesného tuku je dáno věkem, pohlavím, rasou, úrovní pohybové aktivity atd. Ženy mají obecně více tukové hmoty než

muži, což souvisí se specifickou úlohou tuku v reprodukčních procesech. Normální podíl tuku v organismu je u žen do 25 – 32 % a u mužů do 20 – 25 %. Více viz kapitola 1.5.3, tabulka č.3 (47, 49).

Tuk základní (esenciální) nezbytný pro správnou funkci a stavbu nervové soustavy a dalších orgánů, má významnou ochrannou funkci. Množství základního tuku se pohybuje v rozmezí mezi 3 – 5 % tělesného tuku pro muže a 8 – 12 % pro ženy (4, 17, 30).

### 2.1.1 Tělesný tuk během ontogenetického vývoje

Podíl tukové komponenty se mění v průběhu ontogenetického vývoje jedince. V průběhu 1. roku života jedince se množství tuku výrazně zvyšuje. Poté až do 6. roku života se naopak podíl tukové složky snižuje a okolo 6 let by měl být podíl tuku relativně nejmenší. Pak nastává opět jeho zvyšování. Tento zlom se nazývá „adiposity rebound“ a jeho dřívější nástup je spojován s relativně větším množstvím tukové hmoty při dokončení růstu a vývoje jedince.

Nárůst procenta tuku pokračuje u obou pohlaví spojitě až do nástupu puberty. V tomto období nastávají výraznější intersexuální rozdíly ve vývoji hodnot podílu tukové komponenty lidského těla, které jsou dány především odlišným somatickým vývojem obou pohlaví a rozdílnou dobou nástupu pubertálního spurtu. Sexuální diferenciací v distribuci tuku se projevuje již v období středního dětství, zesiluje se v adolescenci a přetrvává v dospělosti. S věkem se ukládá více tuku na trupu než na končetinách, predilekčními místy u mužů jsou záda, hrudník, břicho, u žen oblast pasu a paže. V průběhu života dochází u většiny lidí k přibývání hmotnosti a zvyšuje se procento tělesného tuku. Ve stáří dochází k nárůstu tukové tkáně, s umístěním převážně abdominálním až o 35 %. Typ distribuce patří k výrazným rasovým a etnickým charakteristikám (17, 28, 29, 30).

## 2.2 Metody pro zjišťování tělesného složení

Pro určení tělesného složení, tedy i stanovení tělesného tuku byla vyvinuta celá řada metod.

Dle Pařízkové můžeme tyto metody rozdělit do tří základních skupin:

*Přímé metody (I. úroveň):*

Toto stanovení množství tělesného tuku by umožňovala pouze pitva, za života jedince nerealizovatelné.

*Nepřímé standardní laboratorní (referenční) metody (II. úroveň):*

Metody používané k určení procentuálního zastoupení tělesného tuku a aktivní tělesné hmoty. Jedná se o metody jednou nepřímé, které měří jinou veličinu než tuk např. tělesnou densitu, celkovou tělesnou vodu apod. S použitím jednoho či více kvalitativních předpokladů (o vztahu mezi měřenou veličinou a množstvím tuku) se vypočítává výsledná hodnota. Tyto metody jsou určeny pro laboratorní využití díky své vysoké technické a finančně provozní náročnosti.

*Nepřímé terénní metody (III. úroveň)*

Tyto metody používané k určení procentuálního zastoupení tělesného tuku a aktivní tělesné hmoty jsou méně přesné. Používají přepočtové rovnice pocházející z některé metodiky ve II. úrovni. Tato skupina metod je pro svou relativní dostupnost a menší náročnost snadnou volbou pro aplikaci na početně různě objemných skupinách (28, 29, 46, 47).

### 2.2.1 Nejčastěji používané laboratorní metody pro zjišťování složení těla

#### 2.2.1.1 Celková densita těla

Tato metoda předpokládá dvousložkové složení lidského organismu, tj. depotního tuku a aktivní, resp. esenciální, tukuprosté hmoty. Aktivní tělesnou hmotu chápeme jako hmotu těla zbavenou depotního tuku, ale nikoliv esenciálních lipidů nezbytných pro existenci (např. sphingomyelin, fosfolipidy atd.). Vyhodnocení složení těla touto metodou vychází z předpokladu, že densita aktivní hmoty je 1,1 a depotního tuku 0,9. Densitometrie je považována za metodu referenční, podle které je testována spolehlivost ostatních

novějších metod. Objem těla je zjišťován různými způsoby, přičemž nejrozšířenější je využití principu Archimédova zákona. Používá se hlavně hydrostatického vážení – objem těla je zjišťován z rozdílu hmotnosti těla změřené na suchu a pod vodou s korekcí na densitu a teplotu vody v okamžik vážení. Pro přesné výsledky je třeba měřit objem vzduchu v plicích a dýchacích cestách pomocí diluční metody dusíkové nebo hélia. Další možností je voluminometrie (měřen je skutečný objem vody vytlačené ponořeným subjektem) nebo pletysmografie (objem těla je stanoven na základě tlakových změn vyvolaných pumpou o známém zdvihu).

Výhodou denzitometrie je, že zjišťuje současně depotní tuk i aktivní tělesnou hmotu, je relativně laciná (ve srovnání s ostatními metodami), může být často opakována a nepředstavuje zdravotní riziko. Nevýhodou této metody je, že nelze měřit malé děti nebo starší lidi, nemocné či subjekty se změněnou hydratací, které nejsou schopny spolupracovat při vážení pod vodou (22, 29).

#### 2.2.1.2 Měření celkové tělesné vody – hydrometrie

Základem pro stanovení tělesného složení z tzv. celkové tělesné vody (TBW) se stal poznatek, že voda není obsažena v rezervním tuku, ale tvoří relativně fixní frakci tukuprosté hmoty. Výpočet aktivní tělesné hmoty - ATH z celkového objemu vody vychází z předpokladů normální hydratace (73%). Množství tuku je pak vypočítáno jako rozdíl hmotnosti a ATH.

Velmi často se používají diluční isotopové metody pomocí různých tracerů, které se rozptýlí rovnoměrně v obsahu vody organismu, a jsou měřitelné. Pro stanovení celkové tělesné vody jsou používány isotopy vodíku – deuterium a tritium. Deuterium je používáno častěji, protože je lacinější a může být analyzováno řadou postupů jako např. plynová chromatografie nebo infračervená absorpce. Často je též užíváno tritium, analýza pomocí scintilačního počítače je rychlá a jednoduchá. Závadou je radioaktivita, která velmi omezuje nebo zcela vylučuje jeho použití.

V praxi musí vyšetřovaný subjekt požit přesně známé množství použitého traceru buď orálně nebo intravenózně. Po ekvilibraci je podaná látka analyzována ze vzorku (moč, sliny, plasma), a to buď jednorázově (pokud se dá předpokládat rovnoměrné rozprostření v organismu), nebo opětovaně. Výhodou těchto měření je možnost změření objemu

tělesných tekutin a značný výběr testovacích látek. Nevýhodou je eventuelní expozice radiací, resp. invazivní postup při odběru krve (29, 30).

#### 2.2.1.3 DEXA – duální rentgenová absorpcimetrie

Tato metoda je považována za „zlatý standard“ pro stanovení denzity kostí. Postupně se díky vylepšení techniky a softwaru začala před několika málo lety používat i jako metoda pro hodnocení tělesného složení (53).

Literární údaje dokazují, že metoda DEXA je dostatečně přesnou technikou, která je schopna rozlišit i malé změny v hodnotách aktivní tělesné hmoty a tělesného tuku. I přes jisté pochybnosti některých autorů lze tuto metodu považovat za alternativní metodiku podvodního vážení, tedy za metodu referenční (4, 14).

DEXA je zobrazovací metoda, která měří diferenciální ztenčení dvou rtg paprsků, které procházejí organismem. Tato metoda rozlišuje kostní minerály od měkkých tkání, které dále rozděluje na tuk a tukuprostou hmotu. Výsledky měření stanoví tělesné složení jak celého těla, tak jeho jednotlivých segmentů. Délka měření prováděného vleže závisí na druhu přístroje (5-20 min). Výhodou tohoto měření je, ve srovnání s denzitometrií, hydrometrií nebo stanovením  $^{40}\text{K}$ , že stanoví také složení jednotlivých segmentů těla. Vyžaduje také minimální spolupráci vyšetřovaného. Nevýhodou je vysoká cena a expozice určitému množství záření (4, 29, 53, 54).

#### 2.2.1.4 Měření celkového tělesného draslíku

V lidském organismu se přirozeně vyskytuje radioaktivní isotop  $^{40}\text{K}$ , který lze měřit v celotělovém počítači cloněném od externího záření. Vzhledem k tomu, že K se vyskytuje pouze v aktivní, tukuprosté tělesné hmotě v konstantní koncentraci, lze z výsledku měření K vypočítat její množství v těle. Pro muže se předpokládá koncentrace 66 mmol/kg, u žen 60 mmol/kg hmotnosti. Celotělové počítače existují pouze v laboratořích nebo nemocnicích specializovaných na výzkum tělesného složení, kde obvykle slouží i k jiným účelům. Přesnost měření ovlivňuje velikost vyšetřovaného subjektu. V některých případech může měření v komoře celotělového počítače trvat až hodinu. Měření mohou být opakována častěji a nevyskytují se žádná zdravotní rizika. Nevýhodou tohoto postupu je

vysoká cena celotělového počítače, nutnost časté kalibrace potřebné pro přesné výsledky při různé velikosti měřeného subjektu. Skreslit výsledky může i fakt, že koncentrace K může být různá v tkáních různých jedinců (29).

## **2.2.2 Metody pro vyšetření tělesného složení v terénu**

### **2.2.2.1 Antropometrie**

Antropometrická měření slouží jako podklad pro morfologickou charakteristiku těla a tělesného složení. Jsou založena na měření rozměrů a proporcí lidského těla. V současné době se nejčastěji používají hodnoty tělesné hmotnosti a tělesné výšky. Složení těla významně koreluje s hodnotami indexu tělesné hmotnosti (BMI) (21,46).

Pro charakteristiku tělesného složení lze použít také hodnoty obvodů těla. Světová zdravotnická organizace doporučuje výpočet poměru pas/boky (WHR), které též koreluje s celkovým tukem a definuje typ rozložení tuku (50).

Nejčastěji se ke zjištění množství tělesného tuku v běžné klinické praxi využívá metoda kaliperová odvozená od speciálního měřicího nástroje „kaliperu“, kterým se za konstantního tlaku měří tloušťka kožních řas na těle (46). Měření tloušťky kožních řas je často využívaná metoda u nás i v zahraničí. Odhad podílu tuku na základě tloušťky kožních řas je založen na dvou základních předpokladech: 1. tloušťka podkožní tukové tkáně je v konstantním poměru k celkovému množství tuku, 2. místa zvolená pro měření tloušťky kožních řas reprezentují průměrnou tloušťku podkožní tukové vrstvy.

Jsou měřeny různé počty kožních řas. U nás je obvykle měřeno deset kožních řas podle Pařízkové modifikovaným kaliperem typu Best. Rovnice pro českou populaci byly odvozeny na základě signifikantní korelace s výsledky měření celkového depotního tuku denzitometrickou metodou. Panuje obecná shoda o tom, že regresní rovnice mají být specifické nejen pro věk a pohlaví, ale i určitou etnickou populaci. Rovnice pro českou populaci, především pro děti, jsou stále považovány za spolehlivé.

Ve světě je nejvíce rozšířeno používání Harpendenského kaliperu a pro odvození procenta tuku se používá pouze čtyř řas. Harpendenský kaliper má však nevýhodu v tom, že se při opakovaném měření nelze přesvědčit o nezbytně nutném konstantním tlaku na

měřenou kožní řasu pomocí cejchovacích rysek, které jsou na výše zmíněném kaliperu používaném u nás. Harpendentský kaliper má také nedostatečné rozmezí pro obézní subjekty, tj. pouze 40 mm. Upravený kaliper používaný u nás umožňuje měřit hodnoty až 90 mm, které lze nalézt u obézních například na bříše nebo zádech. Dále se používá též Holtainský kaliper, která má obdobné parametry jako Harpendentský kaliper (tj. stejně velké kontaktní plošky stejného tvaru a stejný tlak na měřenou kožní řasu). Totéž platí pro Lange kaliper používaný v USA. Pro široké využití se vyrábí kalipery z plastiku, které však nemají pro výzkumné účely potřebnou přesnost (29).

#### 2.2.2.2 Bioelektrická impedance (BIA)

Princip metody spočívá v měření odporu, které tělo klade procházejícímu elektrickému proudu o nízké intenzitě a vysoké frekvenci. Proud prochází vodou a elektrolytovými komponentami v aktivní tukuprosté hmotě, která obsahuje velké množství vody a elektrolytů, je tedy dobrým elektrickým vodičem. Naproti tomu tělesný tuk s malým obsahem vody je špatným elektrickým vodičem. Čím je tedy větší podíl vody a tukuprosté hmoty, tím menší odpor je kladen elektrickému proudu a tím jsou nižší hodnoty impedance. Výsledkem je stanovení obsahu tukové tkáně a beztukové tělesné hmoty, popř. celkové tělesné vody (29).

Základem úspěšného využití BIA metody je stanovení predikčních rovnic, které respektují danou populační skupinu, tělesné složení jedince, věk a pohlaví. Většina autorů se shoduje na tom, že predikční rovnice pro normálně vážící populaci podhodnocují %BF obézních, proto je potřeba pro obézní populaci použít speciální predikční rovnici (3, 47).

Nevýhodou metody je vysoká závislost výsledků na hydrataci organismu a na anatomických poměrech (vliv lokalizace tukové tkáně na stehnech u žen při využití bipedální lokalizace elektrod nebo při úchopu elektrod rukama vede k zvýšenému nebo sníženému údaji o obsahu tukové tkáně) (60). Metodu nelze použít u pacientů s otoky nebo naopak dehydratovaných, kdy ukazuje falešně nižší resp. vyšší hodnoty obsahu tuku.

Přístroje u nás dostupné měří odpor mezi elektrodami umístěnými na různých místech. Klasický přístup je měření celkem čtyřmi elektrodami instalovanými ve dvojicích na pravé horní a dolní končetině v oblasti zápěstí a hlezenního kloubu (Bodystat). Jiné

možné umístění elektrod je tzv. bipedální lokalizace, kdy vyšetřovaný subjekt nemusí ležet, ale měří se ve stoje na plošině se dvěma kovovými povrchy odpovídajícími ploskám nohy (Tanita). Jiná možnost je umístění elektrod na madla přístroje, kdy pacient měřič uchopí do rukou (Omron). Přístroje měřící odpor těla průchodem mezi horními nebo dolními končetinami lépe zachycují množství tukové tkáně v horní resp. dolní části těla (9, 22, 29, 60).

#### 2.2.2.3 NIRI (Near infrared interactance)

Tato technika určuje složení těla iradiací tkání paprskem blízkým infračervenému záření. Měřená optická densita odrážené radiace je ovlivňována specifickými absorpčními vlastnostmi zkoumané tkáně. Byly odvozeny regresní rovnice pro výpočet tělesného složení. Po delším ověřování jak v USA tak v Evropě bylo zjištěno, že tato metoda nepřináší lepší výsledky než ostatní, eventuálně i jednodušší postupy (29, 43).

### 2.2.3 Metody pro hodnocení vícesložkového modelu tělesného složení

#### 2.2.3.1 In vivo neutronová aktivační analýza (IVNAA)

Tato metoda může představovat definitivní metodický přístup ke zjišťování více složek tělesného složení. Je založena na iradiaci těla neutrony, tomu následuje měření typu a intensity vysílané radiace v průběhu návratu původně destabilizovaných jader k jejich stabilnímu stavu. K tomuto účelu existují dvě techniky – zpožděná aktivační analýza a urychlená gamma analýza. Vzhledem k radiaci, ceně přístroje a délce měření má tato metoda omezené využití (29).

#### 2.2.3.2 Zobrazovací techniky

Zobrazovací techniky mají výhodu, že poskytují informaci o rozměrech jednotlivých tkání. Celotělové snímače jsou však velmi drahé, vyšetření trvá dlouho a např. v případě počítačové tomografie (CT) je organismus opět vystaven určité dávce záření.



Význačný pokrok představuje též magnetická resonance (magnetic resonance imaging – MRI). Je založena na principu, že určitá jádra s určitými magnetickými vlastnostmi se řadí při průchodu radiofrekvenční vlny v určitém směru magnetického pole. Při přerušení průchodu této vlny se jádra vracejí do své původní polohy a při tom vysílají absorbovanou energii, kterou lze měřit a odvodit z ní obraz zkoumané tkáně. Použitá měřicí metoda nevyžaduje spolupráci subjektu, trvá však dlouho. Nedochází však k ozáření, což dovoluje opětovná měření. Používá se například k měření viscerálního tuku (22, 29).

### 2.2.3.3 Kreatinová exkrece

Konečný produkt dusíkového metabolismu podává informaci o množství svalové tkáně těla. Pro získání přesných výsledků je třeba měřit více dní (alespoň tři) a dodržovat před tím určitou dietu. Sběr vzorků moči od jedinců žijících v normálních podmínkách je většinou komplikovaný. Metoda se hodí spíše pro sledování v metabolické jednotce nebo v nemocnici (29).

## III Praktická část

### 1 Cíl práce

Cílem práce je srovnat v klinické praxi nejčastěji užívané metody pro stanovení množství tělesného tuku u žen s nadváhou a obezitou (BIA metody pomocí přístrojů Bodystat, Omron a Tanita, metoda kaliperace) s metodou referenční (DEXA). Na základě výsledků pak sestavit predikční rovnice pro výpočet % tělesného tuku za použití dostupných metod.

#### 1.1 Úkoly práce

1. Studium literatury k dané problematice.
2. Výběr metod pro stanovení množství tělesného tuku ve spolupráci s Ústavem tělovýchovného lékařství 1. LF UK a VFN, Rekondičním centrem VŠTJ Medicina Praha a III. interní klinikou 1. LF UK a VFN.
3. Výběr probandů pro sledovaný soubor, jejich seznámení s podmínkami a cílem výzkumu.
4. Sběr dat.
5. Zpracování a analýza dat.
6. Vyhodnocení výsledků, diskuse nad výsledky.

#### 1.2 Hypotézy

H<sub>1</sub>: Předpokládáme, že výsledky získané pomocí metody BIA s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat) se budou ze všech použitých metod nejvíce blížit naměřeným hodnotám referenční metodou DEXA.

H<sub>2</sub>: Předpokládáme, že naměřené hodnoty tělesného tuku se budou od sebe významně lišit v závislosti na použité metodice.

H<sub>3</sub>: Předpokládáme, že bude možné nahradit vyšetření DEXA některou z dostupných, pro pacienta méně zatěžujících, metod za použití námi vypočítané predikční rovnice.

## 2 Metodika

### 2.1 Metodika výzkumu

Jedná se o pilotní studii, která pomocí měřících metod zjišťovala množství tělesného tuku u skupiny žen s nadváhou a obezitou. Pozornost byla zaměřena na vztahy mezi naměřenými hodnotami procenta tělesného tuku a na to, jak velké jsou rozdíly v naměřených hodnotách v porovnání s metodou DEXA, která je považována za metodu referenční. (4,14). Využili jsme metodu antropometrickou – kaliperace a metody založené na vodivosti těla - bioimpedanční analýza - přístroje Omron, Tanita a Bodystat.

Tato práce má charakter empirického výzkumu, jehož hlavní metodou je pozorování vztahů mezi měřenými parametry. Z hlediska časového se jedná o krátkodobý longitudinální výzkum.

Z hlediska místa jsme prováděli testování laboratorní, jelikož laboratoř dává zpravidla možnost lepší standardizace vyšetřovaných podmínek (2).

### 2.2 Zajištění podmínek pro testování

Před začátkem výzkumu byli všichni probandi seznámeni s průběhem měření. Každý účastník studie obdržel informace s podmínkami testování: 24 hodin před testováním nepít alkohol a černou kávu, 12 hodin před testováním nevykonávat žádnou náročnou pohybovou aktivitu, 2 hodiny před testováním a během testování nejíst, nepít větší množství tekutin. Tím jsme vyloučili faktory ovlivňující hydrataci organismu, které by mohly ovlivňovat výsledné hodnoty sledovaných parametrů u BIA metod. Upozornili jsme na zákaz účasti ve studii osobám s kardiostimulátorem (kontraindikace pro přístroj Bodystat) a těhotným ženám (kontraindikace pro DEXA a Bodystat).

Při testování jsme se snažili dodržet u všech stejné podmínky. Testovali jsme v odpoledních hodinách. Teplota místnosti se pohybovala v rozmezí 21 - 23° C. Všichni testovaní byli pouze v nejnútnejším oděvu, bez obuvi.

Během jedné návštěvy byl každý proband otestován všemi metodami, které prováděly stále stejné osoby.

## 2.3 Charakteristika vybraného souboru

Zkoumaný soubor tvořilo 61 žen s nadváhou a obezitou. Probandi byli náhodně vybráni z klientů, kteří navštěvují Rekondiční centrum VŠTJ Medicina Praha a souhlasili s absolvováním uvedených vyšetřovacích metod.

Průměrný věk žen ze souboru byl  $48,6 \pm 13,9$  let (minimum 20 let, maximum 69 let). Průměrná hodnota BMI účastnic byla  $32,6 \pm 5,6$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  (minimum 20,0 maximum 44,1). Zkoumaným osobám byla měřena výška, hmotnost, obvod pasu a boků, vypočteno BMI a zjištěno procento tělesného tuku pomocí následujících metod: bioimpedanční metoda s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat), bioimpedanční metoda s bipedálním uspořádáním elektrod (přístroj Tanita), bioimpedanční metoda s využitím úchopu rukama (přístroj Omron), antropometrické měření - kaliperace a metoda celotělové denzitometrie (DEXA). Podrobnější charakteristiku souboru udává tabulka č.5.

Všichni probandi byli vyšetřováni v laboratořích Ústavu tělovýchovného lékařství 1. LF UK a VFN. Testování metodou DEXA probíhalo ve spolupráci s osteocentrem III. interní kliniky 1. LF UK a VFN.

**Tabulka č. 5 : Charakteristika vybraného souboru**

	prům. hodnota	směr. odchylka	min. hodnota	max. hodnota
věk (roky)	48,6	13,9	20	69
výška (cm)	163,6	5,8	152	178
hmotnost (kg)	87,2	14,9	49,9	115,7
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	32,6	5,6	20	44,1
obvod pasu (cm)	96,8	12,7	63	119
obvod boků (cm)	116,3	10,9	92	136
% těl. tuku (DEXA)	39,6	5,9	23,9	49,2

## 2.4 Sběr osobních dat a základních antropometrických hodnot

Z osobních dat jsme zjišťovali pouze jméno, příjmení a věk probandů.

Dále jsme sledovali následující antropometrické parametry:

- tělesná hmotnost se měřila na elektronické, nášlapné váze značky Tanita. Hmotnost byla stanovena ve spodním prádle, bez obuvi.
- tělesná výška byla měřena výškoměrem značky Tanita. Měřený proband byl bez obuvi, zády k výškoměru, ve vzpřímeném držení těla, s hlavou ve středním postavení bez záklonu či předklonu.
- BMI byl zjišťován výpočtem a byl zaokrouhlen na jedno desetinné číslo.  
$$\text{BMI} = \text{hmotnost v kg} / (\text{výška v m})^2$$
- obvod pasu a boků se zjišťoval pomocí krejčovského metru (postup viz kapitola 1.5.4 v teoretické části práce).

## 2.5 Použité metody pro hodnocení množství tělesného tuku

### 2.5.1 Metoda DEXA (dual energy X-ray absorptiometry)

Byla realizována na pracovišti Osteocentra III. interní kliniky 1. LF a VFN.

K testování byl použit přístroj HOLOGIC (HOLOGIC, Inc.), model QDR 4500A (S/N 45125).

### 2.5.2 Bioimpedanční metoda – přístroj BODYSTAT QuadScan 4000

Měření bylo realizováno pomocí multifrekvenčního zařízení při tetrapolární konfiguraci elektrod vleže na pravé straně těla, na frekvenci budícího proudu 50 kHz. Vyšetřovaný leží na zádech, s horními i dolními končetinami v extenzi a mírné abdukci. Umístění elektrod bylo specifikováno na ruce: signální elektroda dorsálně na prostoru mezi 2. a 3. metakarpem a měřící elektroda dorzálně na zápěstí mezi radiem a ulnou. Umístění elektrod na noze: signální elektroda dorzálně v prostoru mezi 1. a 2. metatarzem a měřící

elektroda anterolaterálně vedle kotníku mezi tibií a fibulou. Do měřiče je nutné zadat vstupní data – výška, věk, pohlaví a stupeň pohybové aktivity.

### **2.5.3 Bioimpedanční metoda s bipedálním uspořádáním elektrod - přístroj TANITA TBF 410**

Bioimpedance je zde měřena současně s tělesnou hmotností, přičemž měřená osoba stojí bosýma nohama na elektrodách, zabudovaných ve váze. Tělesný odpor je zde měřen pouze přes dolní polovinu těla. Do měřiče je nutné zadat vstupní data – výška, věk a pohlaví.

### **2.5.4 Bioimpedanční metoda – přístroj Omron BF 306**

Elektrody jsou zde umístěny do rukou vyšetřovaného. Měřený jedinec stojí ve stoji mírně roznožném, horní končetiny natažené před sebe v 90° flexi, nesmí se hýbat. Do měřiče je nutné zadat vstupní data – výška, hmotnost, věk a pohlaví.

### **2.5.5 Antropometrická metoda - kaliperace**

Měření podílu tuku v těle na základě tloušťky kožních řas (podkožního tuku) bylo provedeno dle Pařízkové. Byl využit modifikovaný kaliper typu Besta. Tloušťka kožních řas se měřila na deseti přesně stanovených místech tělesného povrchu na levé straně těla. Procento tuku bylo vypočítáno ze součtu těchto kožních řas za použití regresních rovnic podle Pařízkové (28).

Lokalizace kožních řas:

- na tváři – vodorovně nad spánkem
- pod bradou – měřeno nad jazykou, řasa probíhá svisle
- na hrudníku I – v přední axilární řase, nad m. pectoralis major, šikmo
- na hrudníku II – řasa probíhá podél průběhu žeber, měřeno v průsečíku 10. žebra a přední axilární řasy

- subilikální řasa – probíhá podél hřebene kosti kyčelní, měřeno v průsečíku hřebene a přední axilární řasy
- na břicho – řasa probíhá vodorovně, ve vzdálenosti  $\frac{1}{4}$  od pupku, na spojnici pupek a spina iliaca anterior superior
- nad tricepsem – svisle, v polovině vzdálenosti mezi acromionem a olecranonem
- subscapulární řasa – šikmo, pod dolním úhlem lopatky
- na lýtku – svisle, asi 5 cm pod kolenní jamkou
- na stehně – svisle, v polovině nad m. quadriceps femoris

## 2.6 Statistické zpracování

Statistická analýza byla provedena za pomoci programu Microsoft Office Excel XP Profesional a statistického programu Eviews 4.1.

Pro porovnání výsledků měření jednotlivými metodami byla použita korelační analýza, stanoven koeficient korelace (R).

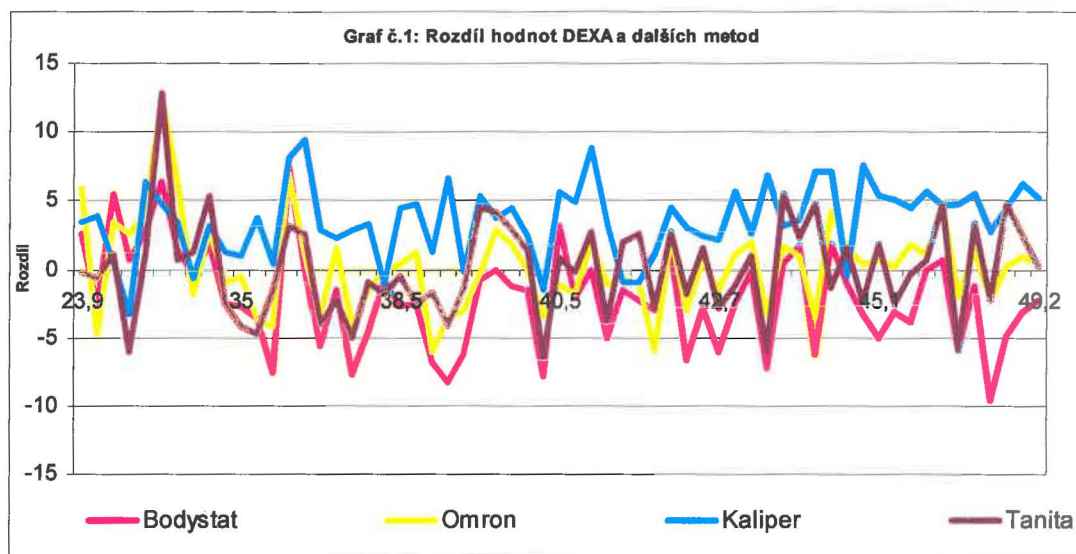
Predikční rovnice pro stanovení procenta tělesného tuku pro kategorii žen s nadváhou a obezitou byla sestavena pomocí mnohonásobné regrese s využitím referenční DEXA metody. Jako prediktory byly použity antropometrické parametry, věk a naměřené hodnoty jednotlivých metod. Jako kritérium statistické významnosti byl použit koeficient determinace ( $R^2$ ) a hladina spolehlivosti (p - value).

**Parametr R** – koeficient korelace, určuje míru síly vztahu dvou náhodných spojitých proměnných x a y. Koeficient korelace může nabývat podle těsnosti závislosti hodnot od -1 do +1. Je-li jeho absolutní hodnota 1, jde o funkční závislost, body leží na přímce.

**Parametr  $R^2$**  – koeficient determinace. Vyjadřuje druhou mocninu korelačního koeficientu. Udává, kolik procent jednotkového standardizovaného rozptylu korelačních veličin je způsobeno lineární závislostí mezi nimi.

**p-value (probability)** – hladina spolehlivosti. Za signifikantní je považováno  $p < 0,05$  (můžeme si být na 95 % jistí, že vysvětlující proměnná má vliv na vysvětlovanou proměnnou), za vysoce signifikantní  $p < 0,001$  (2, 13).

## 2 Výsledky



**Graf č.1** ukazuje rozdíl hodnot množství tělesného tuku naměřených metodou DEXA a hodnot naměřených ostatními použitými metodami. Z grafu je jasně patrné, že výsledky jednotlivých metod se liší od výsledků metody DEXA a také, že mezi jednotlivými metodami jsou značné rozdíly. Mezi měřením metodou DEXA a přístrojem Bodystat je rozdíl v rozmezí od -9,6 do 7,4 %, mezi DEXA a Omron od -6,1 do 12,3 %, mezi DEXA a Tanita od -6,5 do 12,8 % a mezi DEXA a kaliperací od -1,5 do 8,8 % tělesného tuku.

Byla také provedena analýza středních hodnot pomocí párového T-testu a analýza rozptylů pomocí F-testů. Ukázalo se, že mezi průměrnými hodnotami naměřenými přístrojem Bodystat a DEXA a mezi kaliperací a DEXA existují statisticky významné rozdíly ( $p < 0,001$ ). Při porovnání hodnot naměřených pomocí přístroje Tanita a DEXA a přístroje Omron a DEXA však nebylo možné zamítnout hypotézu o shodnosti středních hodnot ( $p > 0,05$ ). Testování shodnosti rozptylů ukázalo, že i když pro některou metodu nelze zamítnout hypotézu o shodě středních hodnot (Tanita a Omron), tak u ní pak není téměř žádná nebo velmi malá shoda v rozptylu (malá p-value u F-testu). Naopak jsme zjistili, že tam, kde není shoda středních hodnot je významná shoda rozptylu (kaliperace). Proto nelze pomocí těchto testů určit, která z metod se svými hodnotami nejvíce blíží referenční metodě DEXA. K tomu by bylo zapotřebí, aby jedna metoda prošla oběma testy ( $p > 0,95$ ) nebo měla v daném testu nejvyšší p-value.

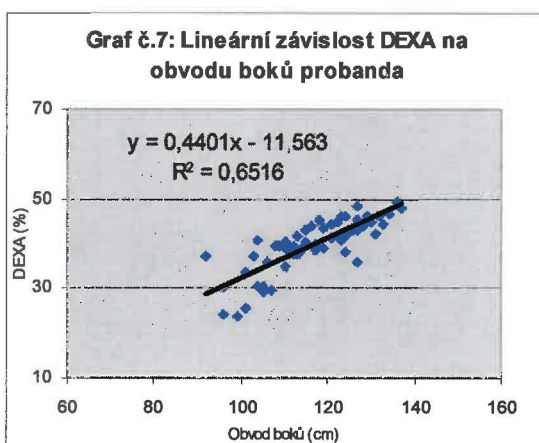
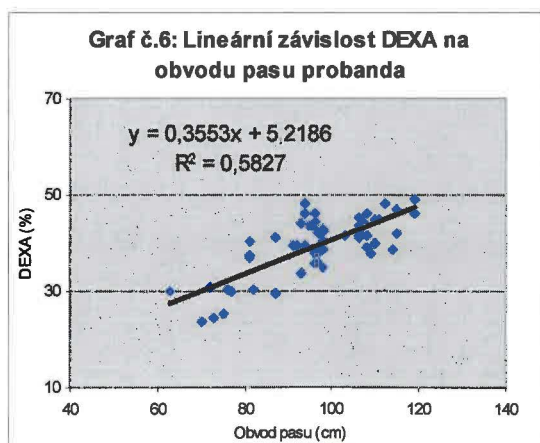
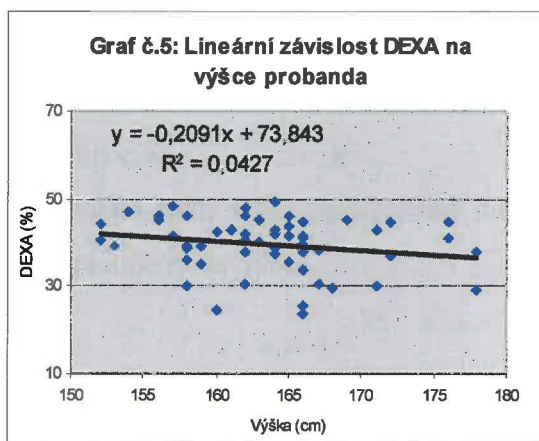
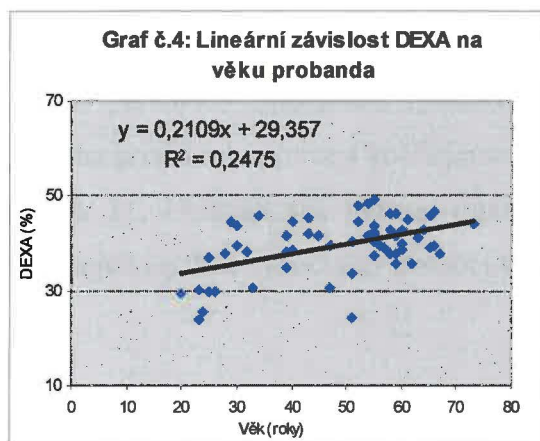
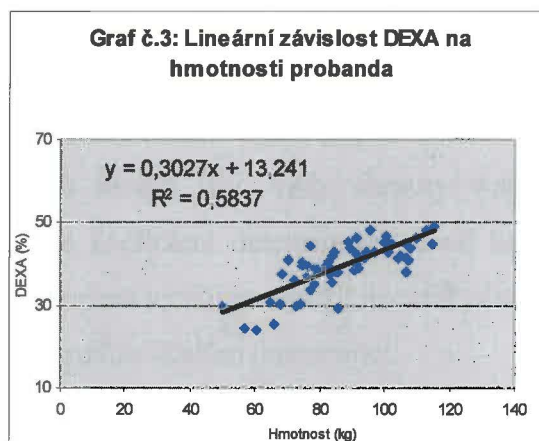
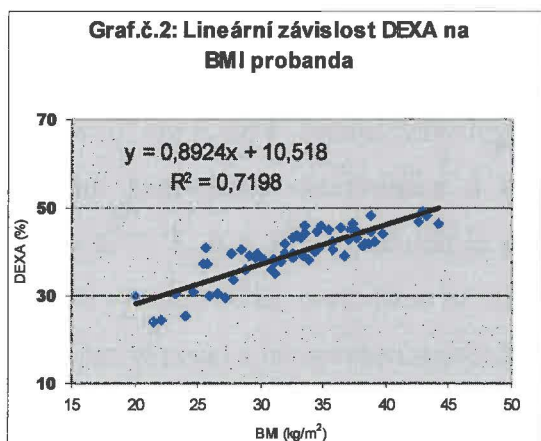


**Tabulka č.6 – korelační matice** ukazuje míru lineární závislosti naměřených hodnot použitými metodami. Čím více se koeficient korelace v absolutní hodnotě blíží jedničce, tím více jsou jednotlivé parametry vzájemně v korelaci a tedy lineárně závislé. Pro náš výzkum je důležitá lineární závislost jednotlivých parametrů na korelačním koeficientu metody DEXA. Dle korelační matice vykazuje s touto referenční metodou nejvyšší vzájemnou korelaci metoda BIA pomocí přístroje Bodystat ( $R = 0,9096$ ). Pro porovnání lineárních závislostí jednotlivých parametrů jsme do korelační matice zahrnuli všechna vstupní data.

**Tabulka č.6 : Korelační matice**

	Věk	Výška	Hmotnost	pas	boky	BMI	Bodystat	Omron	Kaliper	Tanita	DEXA
Věk	1	-0,3166	0,2286	0,4985	0,3064	0,3596	0,6732	0,7028	0,4084	0,5643	0,4975
Výška	-0,3166	1	0,2085	-0,0865	-0,0306	-0,2178	-0,2869	-0,2784	-0,1595	-0,0598	-0,2066
Hmotnost	0,2286	0,2085	1	0,8454	0,9017	0,9073	0,7422	0,7513	0,8320	0,8162	0,7640
Pas	0,4985	-0,0865	0,8454	1	0,8211	0,8799	0,8654	0,8527	0,8558	0,8774	0,7634
Boky	0,3064	-0,0306	0,9017	0,8211	1	0,9114	0,7894	0,7760	0,8333	0,8048	0,8072
BMI	0,3596	-0,2178	0,9073	0,8799	0,9114	1	0,8615	0,8658	0,8962	0,8448	0,8484
Bodystat	0,6732	-0,2869	0,7422	0,8654	0,7894	0,8615	1	0,9629	0,8671	0,9154	0,9096
Omron	0,7028	-0,2784	0,7513	0,8527	0,7760	0,8658	0,9629	1	0,8661	0,9085	0,8988
Kaliper	0,4084	-0,1595	0,8320	0,8558	0,8333	0,8962	0,8671	0,8661	1	0,8291	0,8942
Tanita	0,5643	-0,0598	0,8162	0,8774	0,8048	0,8448	0,9154	0,9085	0,8291	1	0,8578
DEXA	0,4975	-0,2066	0,7640	0,7634	0,8072	0,8484	0,9096	0,8988	0,8942	0,8578	1

Grafy č. 2, 3, 4, 5, 6 ukazují lineární závislost % tělesného tuku měřeného metodou DEXA na zjištěných parametrech. Některé z nich byly dále využity v predikčních rovnicích pro jednotlivé metody.



Pro porovnání a statistické zpracování jednotlivých metod jsme další část práce rozdělili do čtyř kapitol. Každá kapitola nese název podle přístroje či metody, která byla použita k měření množství % tuku v těle. Dále jsme vytvořili příslušnou predikční rovnici, kde byla hodnota naměřená příslušnou metodou vždy jedním z predikátorů rovnice.

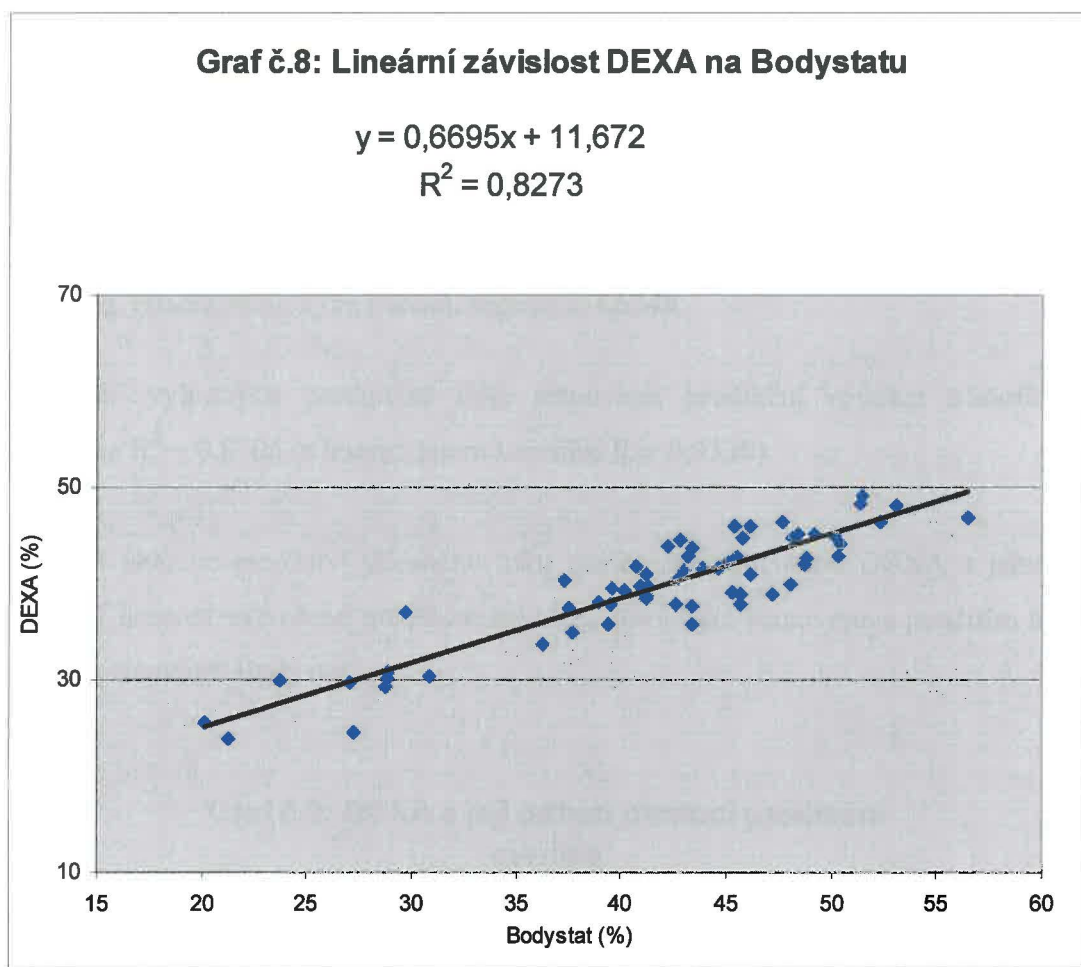
U každé z použitých metod měření množství tuku se sledovala lineární závislost na referenční metodě DEXA. Byly vytvořeny grafy lineární závislosti (graf č. 8, 10, 12 a 14). Prověřovali jsme také ostatní závislosti tj. exponenciální, logaritmické a mocninné. Porovnání koeficientů determinace a regresních rovnic jsou vždy shrnuty v tabulce (tabulka č. 7, 8, 9 a 10). Z tabulek je patrné, že koeficient determinace se od lineární závislosti výrazně neliší, proto jsme se rozhodli v našem výzkumu využít lineární závislost, která je pro výpočet a interpretaci nejsnadnější a k našim účelům dostačující.

Pro každou použitou metodu/přístroj byla vytvořena pomocí mnohonásobné regrese predikční rovnice. Naším cílem bylo dosáhnout, co nejvyššího koeficientu determinace pro co nejpřesnější odhad metody DEXA. Po zadání všech dostupných parametrů, byly vyřazeny parametry s hodnotou spolehlivosti vyšší než 0,05. Ze zbylých parametrů byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2$ .

Grafy 9, 11, 13 a 15 pak ukazují množství tělesného tuku v % naměřeného metodou DEXA a jeho odhad vypočítaný pomocí vytvořené predikční rovnice.

## 2.1 Bodystat

**Graf č. 8** ukazuje lineární závislost % tuku naměřeného pomocí BIA metody – přístroj Bodystat a referenční metody DEXA.



**Tabulka č. 7: Porovnání koeficientů determinace u ostatních závislostí**

Závislost	Koeficient determinace ( $R^2$ )	Rovnice regrese ( $y = \text{DEXA}$ , $x = \text{bodystat}$ )
Lineární	0,8273	$y = 0,6695x + 11,672$
Exponenciální	0,8305	$y = 17,971e^{0,0186x}$
Logaritmická	0,8218	$y = 24,075\text{Ln}(x) - 49,687$
Mocninná	0,8443	$y = 3,1626x^{0,6781}$

### Predikční rovnice:

$$\% \text{tuku} = C(1) + C(2) * \text{BS} [\%] + C(3) * \text{HMOTNOST} [\text{kg}] + C(4) * \text{PAS} [\text{cm}]$$

	Koeficient	p - value
C(1)	14.6472	p < 0,001
C(2)	0.7181	p < 0,001
C(3)	0.1505	p < 0,001
C(4)	-0.1872	p < 0,001

BS - množství tuku naměřené přístrojem Bodystat

PAS - obvod pasu

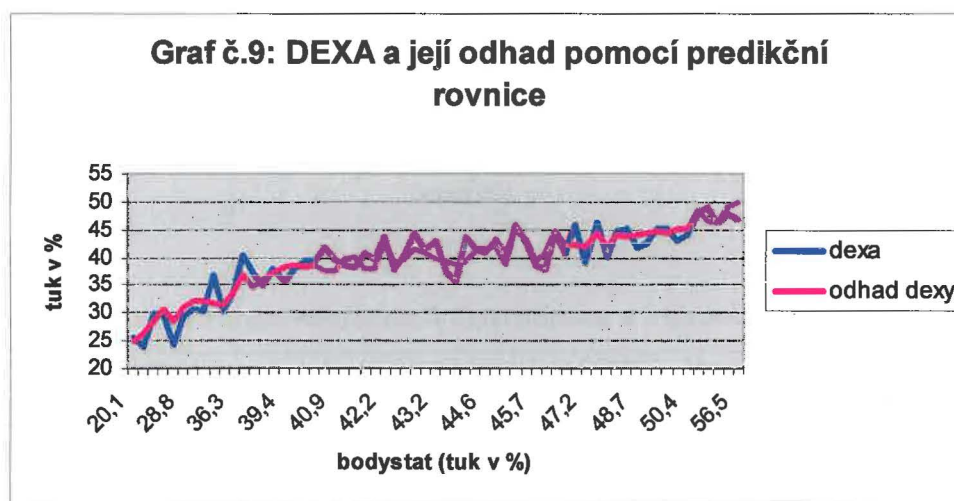
$$R^2 = 0,8706$$

$$R = 0,9330$$

S. E. of reg. (standardní chyba odhadu regrese): 2,6348

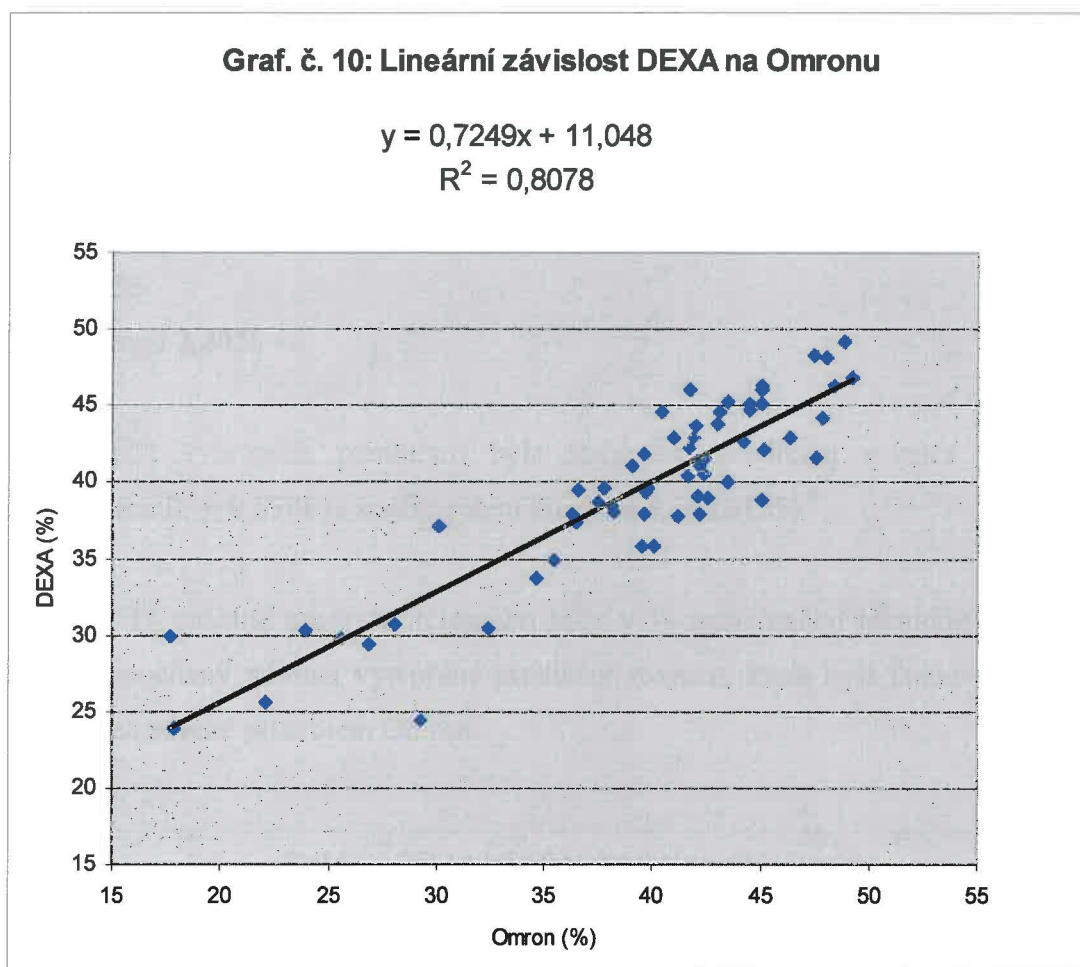
Na základě vybraných parametrů byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2 = 0,8706$  (s koeficientem korelace  $R = 0,9330$ ).

**Graf č. 9** ukazuje množství tělesného tuku naměřeného metodou DEXA a jeho odhad vypočítaný pomocí vytvořené predikční rovnice, která byla stanovena s použitím hodnoty naměřené přístrojem Bodystat.



## 2.2 Omron

**Graf č. 10** ukazuje lineární závislost % tuku naměřeného pomocí BIA metody – přístroj Omron a referenční metody DEXA.



**Tabulka č. 8: Porovnání koeficientů determinace u ostatních závislostí**

Závislost	Koeficient determinace ( $R^2$ )	Rovnice regrese ( $y = \text{DEXA}$ , $x = \text{Omron}$ )
Lineární	0,8078	$y = 0,7249x + 11,048$
Exponenciální	0,8169	$y = 17,609e^{0,0203x}$
Logaritmická	0,7642	$y = 22,959\ln(x) - 44,232$
Mocninná	0,7887	$y = 3,6679x^{0,6482}$

**Predikční rovnice:**

$$\% \text{tuku} = C(1) * \text{OMRON}[\%] + C(2) * \text{BOKY}[\text{cm}]$$

	Koeficient	p - value
<b>C(1)</b>	0.549633	p < 0,001
<b>C(2)</b>	0.154366	p < 0,001

OMRON - množství tuku naměřené přístrojem Omron

BOKY - obvod boků

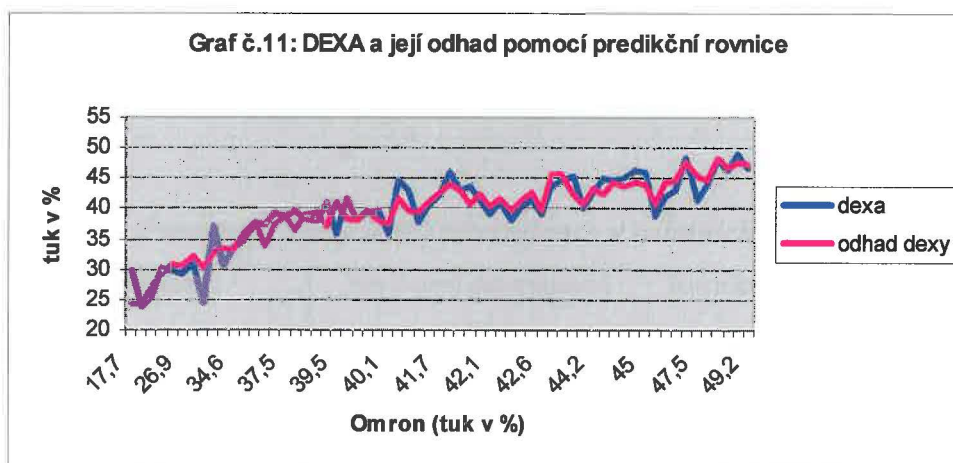
$$R^2 = 0,8381$$

$$R = 0,9155$$

$$S. E. \text{ of reg.} : 2,4026$$

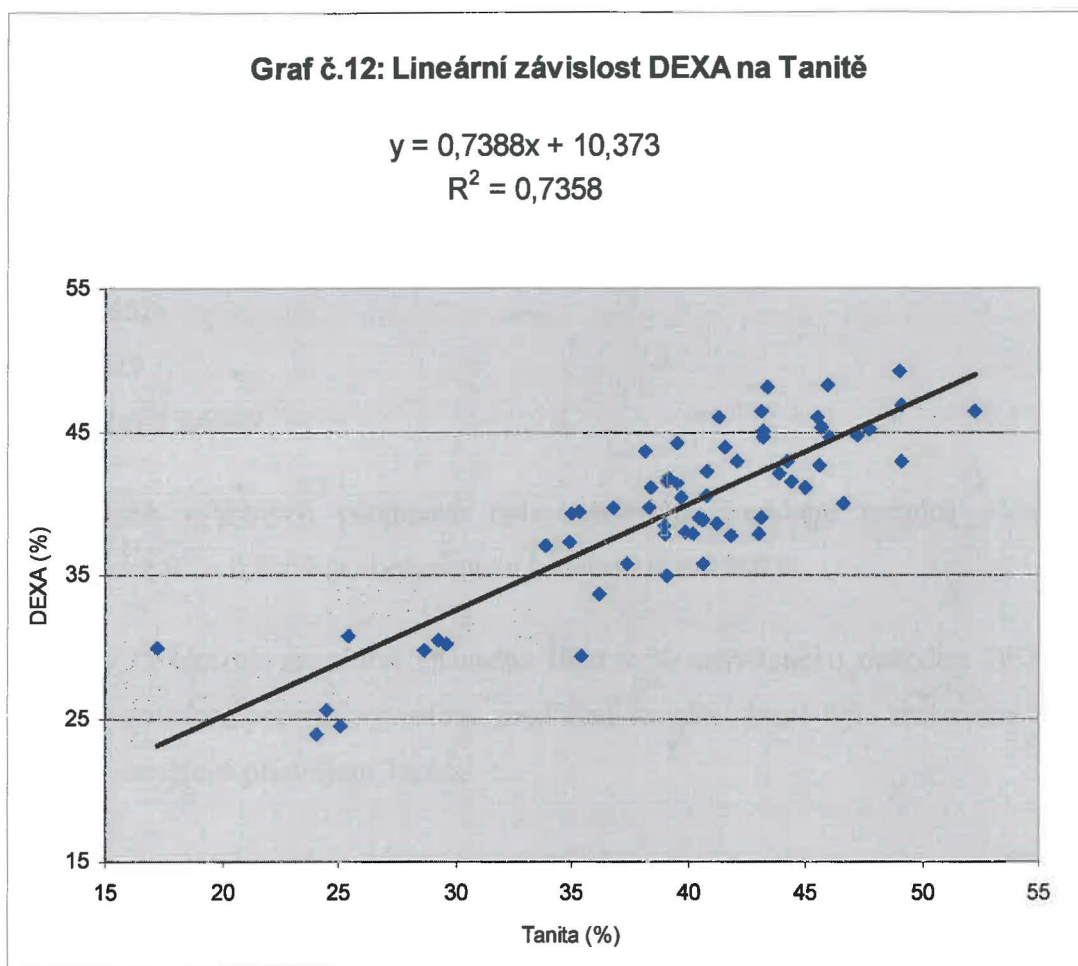
Na základě vybraných parametrů byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2 = 0,8381$  (s koeficientem korelace  $R = 0,9155$ ).

**Graf č. 11** ukazuje množství tělesného tuku v % naměřeného metodou DEXA a jeho odhad vypočítaný pomocí vytvořené predikční rovnice, která byla stanovena s použitím hodnoty naměřené přístrojem Omron.



## 2.3 Tanita

**Graf č. 12** ukazuje lineární závislost % tuku naměřeného pomocí BIA metody – přístroj Tanita a referenční metody DEXA.



**Tabulka č. 9: Porovnání koeficientů determinace u ostatních závislostí**

Závislost	Koeficient determinace ( $R^2$ )	Rovnice regrese ( $y = \text{DEXA}$ , $x = \text{Tanita}$ )
Lineární	0,7358	$y = 0,7388x + 10,373$
Exponenciální	0,7418	$y = 17,302^{e^{0,0206x}}$
Logaritmická	0,7065	$y = 24,563\ln(x) - 50,291$
Mocninná	0,7242	$y = 3,1186^{x^{0,691}}$



### Predikční rovnice:

$$\%tuku=C(1)+C(2)*TANITA[\%]+C(3)*HMOTNOST[kg]+C(4)*PAS[cm]+C(5)*VYSKA[cm]$$

	Koeficient	p - value
C(1)	62.8900	p< 0,001
C(2)	0.5696	p< 0,001
C(3)	0.2166	p< 0,001
C(4)	-0.1423	p< 0,001
C(5)	-0.3112	p< 0,001

TANITA - množství tuku naměřené přístrojem Tanita

PAS - obvod pasu

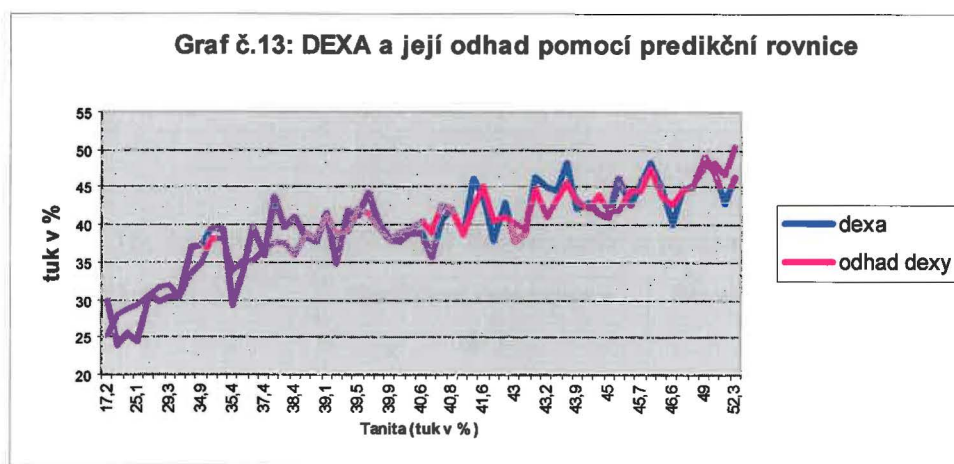
$$R^2 = 0,8152$$

$$R = 0,9029$$

S. E. of reg.: 2,6349

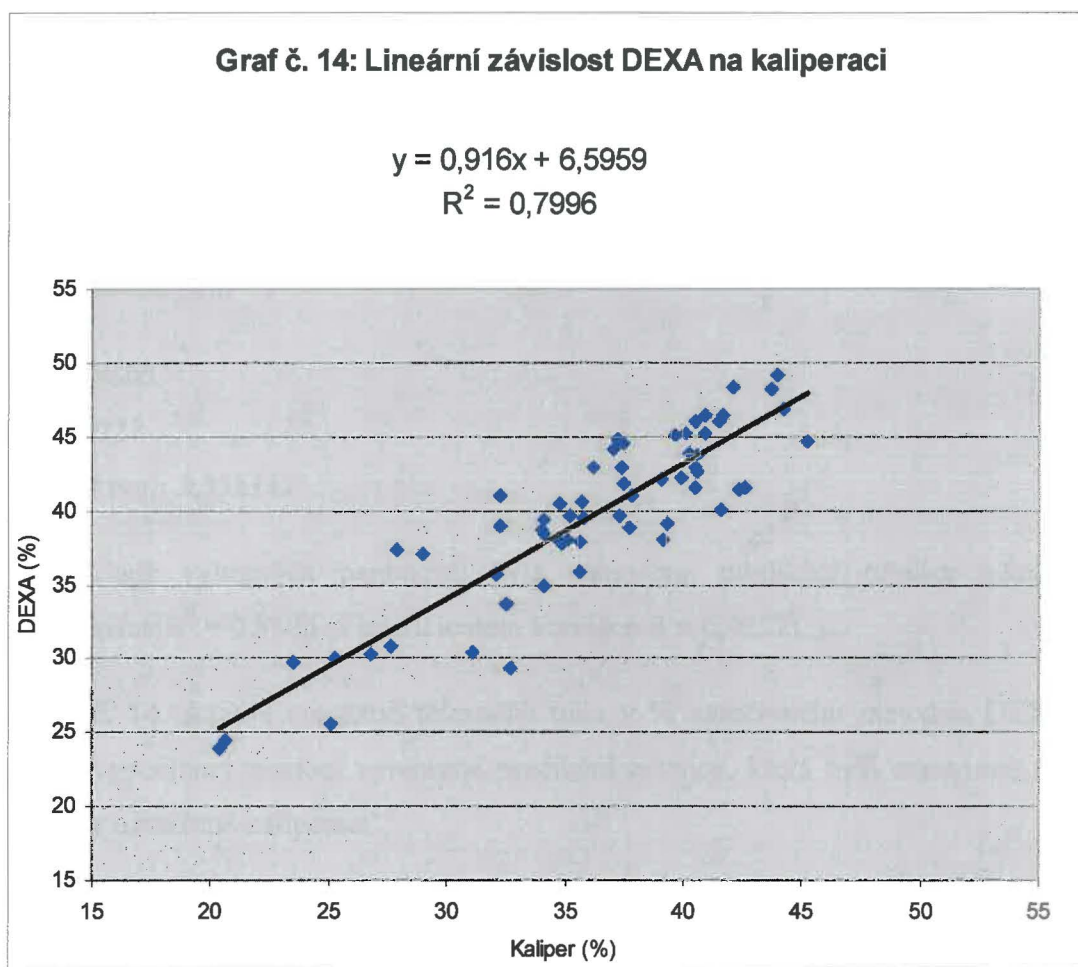
Na základě vybraných parametrů byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2 = 0,8152$  (s koeficientem korelace  $R = 0,9029$ ).

**Graf č. 13** ukazuje množství tělesného tuku v % naměřeného metodou DEXA a jeho odhad vypočítaný pomocí vytvořené predikční rovnice, která byla stanovena s použitím hodnoty naměřené přístrojem Tanita.



## 2.4 Kaliperace

**Graf č. 14** ukazuje lineární závislost % tuku naměřeného pomocí kaliperace a referenční metody DEXA.



**Tabulka č. 10: Porovnání koeficientů determinace u ostatních závislostí**

závislost	Koeficient determinace ( $R^2$ )	Rovnice regrese ( $y = \text{DEXA}$ , $x = \text{kaliper}$ )
Lineární	0,7996	$y = 0,916x + 6,5959$
Exponenciální	0,8019	$y = 15,609^{e^{0,0255x}}$
Logaritmická	0,7993	$y = 29,585 \ln(x) - 66,011$
Mocninná	0,8186	$y = 2,0061^{x^{0,832}}$

### Predikční rovnice:

$$\% \text{tuku} = C(1) + C(2) * \text{KAL}[\%] + C(3) * \text{VEK}[\text{roky}] + C(4) * \text{HMOTNOST}[\text{kg}] + C(5) * \text{PAS}[\text{cm}] + C(6) * \text{VYSKA}[\text{cm}]$$

	Koeficient	P - value
C(1)	33.82948	p < 0,001
C(2)	0.696263	p < 0,001
C(3)	0.100504	p < 0,001
C(4)	0.184443	p < 0,001
C(5)	-0.159673	p < 0,001
C(6)	-0.151710	p < 0,001

KAL - množství tuku naměřené pomocí kaliperace

PAS - obvod pasu

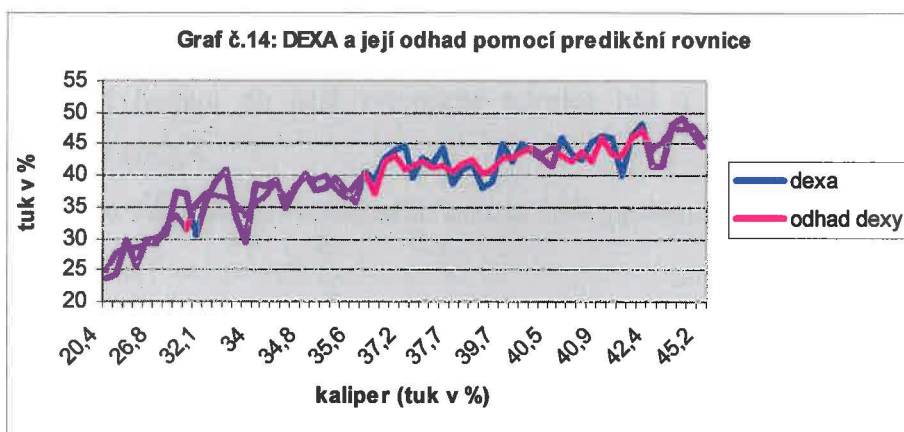
$$R^2 = 0,8505$$

$$R = 0,9222$$

$$S. E. \text{ of reg.} : 2,391112$$

Na základě vybraných parametrů byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2 = 0,8505$  (s koeficientem korelace  $R = 0,9222$ ).

**Graf č. 14** ukazuje množství tělesného tuku v % naměřeného metodou DEXA a jeho odhad vypočítaný pomocí vytvořené predikční rovnice, která byla stanovena s použitím hodnoty naměřené kaliperací.



## 2.5 Souhrn

**Tabulka č. 11** shrnuje predikční rovnice s již dosazenými koeficienty pro použité metodiky. V tabulce jsou uvedeny koeficienty korelace (R), determinace ( $R^2$ ) a standardní chyba odhadu regrese (S.E. of reg.).

**Tab.č.11: Predikční rovnice pro jednotlivé metodiky**

Metoda	Predikční rovnice: % tuku =	R	$R^2$	S.E.of reg.
<i>Bodystat</i>	$14,6472+0,7181*BS[\%]+0,1505*HMOTNOST[kg]-0,1872*PAS[cm]$	0,9330	0,8706	2,6348
<i>Omron</i>	$0,549633*OMRON[\%]+0,154366*BOKY[cm]$	0,9155	0,8381	2,4026
<i>Tanita</i>	$62,8900+0,5696*TANITA[\%]+0,2166*HMOTNOST[kg]-0,1423*PAS[cm]-0,3112*VYSKA[cm]$	0,9029	0,8152	2,6349
<i>Kaliper</i>	$33,82948+0,696263*KAL[\%]+0,100504*VEK[roky]+0,184443*HMOTNOST[kg]-0,159673*PAS[cm]-0,151710*VYSKA[cm]$	0,9222	0,8505	2,3911

BS - množství tuku naměřené přístrojem Bodystat

BOKY - obvod boků

KAL - množství tuku naměřené pomocí kaliperace

OMRON - množství tuku naměřené přístrojem Omron

PAS - obvod pasu

TANITA - množství tuku naměřené přístrojem Tanita

Největší shody s kontrolní DEXA metodou bylo dosaženo pomocí tetrapolární bioimpedanční metody – přístroj Bodystat za použití nově sestavené predikční rovnice. Po zpětném dosazení hodnot do naší vytvořené rovnice byl u 87% probandů rozdíl od referenční metody DEXA

do  $\pm 3\%$  tělesného tuku, do  $\pm 1\%$  tělesného tuku u 36% probandů ze souboru. Přesněji viz příloha č.1.

I u ostatních metodik bylo pomocí vytvořených predikčních rovnic dosaženo dobré shody. Rozdíl do  $\pm 3\%$  tělesného tuku mezi hodnotou výsledku naměřenou metodou DEXA a hodnotou vypočítanou s využitím predikční rovnice byl u BIA metody pomocí přístroje Tanita u 87% probandů, u kaliperace u 82% probadů a u BIA metody pomocí přístroje Omron u 80% zkoumaných osob. Více viz příloha 2,3,4.

## IV Diskuze

Cílem mé práce bylo srovnat v klinické praxi nejčastěji užívané metody pro stanovení množství tělesného tuku u žen s nadváhou a obezitou s metodou referenční (DEXA). Srovnáním jednotlivých metod se již v minulosti zabývala řada studií, většinou postavených na posouzení metody přístrojové a kaliperační (4, 9, 17, 53, 54).

V naší práci jsme především usilovali o to, najít co nejpřesnější metodu, kterou by bylo vzhledem k její dostupnosti, spolehlivosti, ceně a míře zátěže pro pacienta možné použít opakovaně ke kontrole účinnosti redukčního programu v Rekondičním centru VŠTJ Medicina Praha pro osoby s nadváhou a obezitou.

Jako referenční metodu jsme použili metodu celotělové denzitometrie (DEXA). Dle dostupné literatury můžeme považovat metodu DEXA za dostatečně přesnou techniku pro stanovení tělesného tuku. Chyba měření pro stanovení tukové tkáně se uvádí menší než 3%, chyba biologická (způsobená osobou provádějící měření) je zde minimální (25, 47).

Nevýhodou většiny referenčních metod je však vysoká technická a finančně provozní náročnost. V případě metody DEXA je nezanedbatelná i radiační zátěž vyšetřované osoby. Proto je nutné hledat postupy, které by byly dostupnější, ale co se týče přesnosti schopné nahradit metody referenční.

Mezi metody, které jsou u nás v klinické praxi nejdostupnější a nejrozšířenější patří především metody založené na vodivosti těla - bioimpedanční analýza a dále metoda antropometrická. V naší práci jsme s metodou DEXA porovnávali právě tyto dostupné metody (metoda antropometrická – kaliperace a BIA metody pomocí přístrojů Omron, Tanita a Bodystat).

Při měření těmito metodami je potřeba brát v úvahu možné zdroje chyb, které má každá fyzikální měřicí metoda. Je to jednak tzv. chyba biologická, tj. chyba způsobená obsluhou zařízení a jednak chyba vlastní metody. Chyby vlastní metody mohou být pak spojené se software, tedy s použitím predikčních rovnic a chyby spojené s hardware, což může být chyba vlastního měřicího zařízení, chybná měřicí místa či uspořádání elektrod atd. Celková chyba, která je součtem jednotlivých dílčích chyb, se u antropometrie a u BIA metody pohybuje okolo  $\pm 3-6\%$  celkového tělesného tuku (25, 47).

Měření dané metody zajišťovala vždy stejná osoba, abychom minimalizovali riziko případné chyby při měření. Měření jednotlivými metodami probíhalo v krátkém časovém

sledu, abychom zabránili možným změnám v hydrataci organismu, které by se odrazily zvláště při měření BIA metodami. Stav hydratace organismu může způsobit chybu o velikosti 2-4%, proto byla snaha o zajištění standardní hydratace měřených probandů (24 hodin před testováním nepít alkohol a silnou černou kávu, 12 hodin před testováním nevykonávat žádnou náročnou pohybovou aktivitu, 2 hodiny před testováním a během testování nejíst a nepít větší množství tekutin) (47).

Základem úspěšného využití zmiňovaných metod je výpočet predikčních rovnic, které budou kromě věku, pohlaví, úrovně fyzické aktivity respektovat i tělesné složení jedince, resp. jeho úroveň obsahu tuku v těle (3). Neexistuje a nelze vytvořit univerzální predikční rovnici, která by byla použitelná u všech skupin populace (muži, ženy, děti, různý BMI apod.) a respektovala by celý rozsah hodnot tělesného tuku.

Podle mnohých zahraničních studií byly u BIA metod zjištěny významné nepřesnosti při použití obecné predikční rovnice pro zdravou populaci při měření množství tělesného tuku u obézních mužů a žen (3, 47). Dle Deurenberga, který se pokusil shrnout hlavní příčiny těchto nepřesností, je důvodem odlišná tělesná stavba obézních – relativně větší množství vody obsažené v trupu (zejména u abdominální obezity) snižuje impedanci a tím dochází k nadhodnocení % BF. Dále říká, že podíl vody na tukuprosté hmotě obézních je zřejmě vyšší než u zdravé populace. Tím dochází použitím obecné predikční rovnice k nadhodnocení tukuprosté hmoty a v důsledku toho k podhodnocení % BF u obézních. A také zde podle Deurenberga hraje roli efekt odlišné distribuce tekutin – vyšší podíl extracelulární tekutiny na celkové tělesné vodě u obézních způsobuje při frekvenci měřicího proudu 50 kHz snížení impedance a v důsledku podhodnocení % BF. Výsledným efektem uvedených příčin je celkové podhodnocení % BF obézních. Nicméně, při použití vhodné predikční rovnice je BIA akceptovatelnou metodou pro měření % BF obézní populace (3). Metoda kaliperační je výrazně zatížená chybou biologickou, tzn. významnou roli hraje lidský faktor. Je tedy velmi důležité, aby osoba provádějící měření měla již zkušenosti, speciálně to platí u měření osob s nadváhou a obezitou, kde správné nahmatání kožní řasy může být opravdu problematické.

Metoda kožních řas používá specifické predikční rovnice pro výpočet procenta tělesného tuku. Je však nezbytné si uvědomit, že použité predikční rovnice pro výpočet procenta tuku byly konstruovány před mnoha lety (28). Rovnice byly stanoveny pro populaci s normální hmotností a příliš se nehodí pro obézní populaci.

V této studii jsme hodnotili 61 žen s nadváhou a obezitou navštěvujících Rekondiční centrum VŠTJ Medicina Praha za účelem redukce hmotnosti. Celkově jsme vyšetřili v rámci studie 85 osob, do hodnocení však nebyli zařazeni muži a ženy s diabetem melitem 2. typu, jejichž hodnocení bude předmětem další studie.

Průměrný věk žen ze souboru byl  $48,6 \pm 13,9$  let (minimum 20 let, maximum 69 let). Průměrná hodnota BMI účastnic byla  $32,6 \pm 5,6 \text{ kg.m}^{-2}$  (minimum 20,0 maximum 44,1). Zkoumaným osobám byla měřena výška, hmotnost, obvod pasu a boků, stanoveno BMI a zjištěno procento tělesného tuku pomocí následujících metod: bioimpedanční metoda s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat), bioimpedanční metoda s bipedálním uspořádáním elektrod (přístroj Tanita), bioimpedanční metoda s využitím úchopu rukama (přístroj Omron) a metoda celotělové denzitometrie (DEXA).

Na základě výsledků korelace jednotlivých metod s metodou DEXA jsme zjistili, že s touto referenční metodou vykazuje nejtěsnější vzájemnou korelaci metoda BIA pomocí přístroje Bodystat ( $R = 0,9096$ ). Také významný koeficient determinace ( $R^2 = 0,8273$ ) potvrzuje dobrou shodu měření pomocí přístroje Bodystat s metodou DEXA. Z uvedeného vyplývá, že BIA metoda pomocí přístroje Bodystat vysvětluje metodu DEXA z 82 %, což je ve srovnání s ostatními použitými metodami nejvíce (přístroj Omron vysvětluje metodu DEXA z 80%, přístroj Tanita z 74 % a kaliperace z 80%). Hypotéza č.1, že výsledky získané pomocí metody BIA s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat) se budou ze všech použitých metod nejvíce blížit naměřeným hodnotám referenční metodou DEXA, byla potvrzena. Potvrzení této hypotézy je v souladu s výsledky studie Všetulové a Bunce, kteří udávají dobrou shodu měření pomocí tetrapolární bioimpedanční metody s metodou DEXA. Uvádí dále, že pro výsledky srovnatelné s referenční metodou DEXA je u jejich souboru obézních žen nutné využít jimi sestavenou predikční rovnici. Na tomto místě je třeba podotknout, že i naše predikční rovnice platí pouze pro tento vyšetřovaný soubor a v případě rozšíření souboru bude nutné rovnice přepočítat.

Ostatní metody BIA nevykazují v naší studii tak těsnou vzájemnou korelaci s DEXA metodou. Kromě jiných chyb, uvedených výše, se na tom podílí fakt, že například bipedální BIA měří bioimpedanci v dolní polovině těla. Tím může dojít k nadhodnocení % BF, je-li tuk rozložen převážně v dolní polovině těla a naopak k podhodnocení % BF, je-li tuk obsažen ve větší míře v horní polovině těla. U BIA metody využívající úchopu rukama (elektrody jsou umístěny na madlech) - přístroj Omron je tomu právě naopak. Ovšem na

rozdíl od naší studie a studie Všetulové a Bunce došel Hainer a kol. k závěru, že výsledky bipedální BIA metody dobře korelují s výsledky stanovenými pomocí referenční metody - hydrodenzitometrie. jak u obézních žen, tak u žen s normální hmotností (9).

V naší studii byla také provedena analýza středních hodnot pomocí párového T-testu a analýza rozptylů pomocí F-testu. Testování shodnosti rozptylů však ukázalo, že i když pro některou metodu nelze zamítnout hypotézu o shodě středních hodnot (přístroj Tanita a Omron), tak u ní pak není téměř žádná nebo velmi malá shoda v rozptylu. Naopak tam, kde není shoda středních hodnot, je významná shoda rozptylu (kaliperace). Proto nelze pomocí těchto testů určit, která z metod se svými hodnotami nejvíce blíží referenční metodě DEXA. K tomu by bylo zapotřebí, aby jedna metoda prošla oběma testy ( $p > 0,95$ ) nebo měla v daném testu nejvyšší p-value.

Při porovnání výsledků jednotlivých metod jsme zjistili, že naměřené hodnoty tělesného tuku se od sebe významně liší v závislosti na použité metodice. Můžeme tedy tvrdit, že hypotéza č.2 byla potvrzena.

Koeficient korelace hodnot % BF naměřených pomocí jednotlivých přístrojů a referenční DEXA metody se statisticky významně lišil od nuly, byla tedy potvrzena statistická závislost % BF měřeného těmito metodami. Pro spolehlivou předpověď hodnot % BF pomocí zkoumaných metod jsme však potřebovali těsnější korelace s referenční metodou.

U každé z použitých metod měření množství tuku se sledovala lineární závislost na referenční metodě DEXA. Prověřovali jsme také ostatní závislosti tj. exponenciální, logaritmické a mocninné. Avšak porovnáním koeficientů determinace a regresních rovnic jsme zjistili, že koeficient determinace se od lineární závislosti výrazně neliší, proto jsme se rozhodli v našem výzkumu využít lineární závislost, která je pro výpočet a interpretaci nejsnadnější a k našim účelům zcela dostačující.

Pro každou metodu/přístroj byla pomocí mnohonásobné regrese za použití výsledků DEXA metody vytvořena predikční rovnice. Naším cílem bylo dosáhnout, co nejvyššího koeficientu determinace pro co nejpřesnější odhad metody DEXA. Po zadání všech dostupných parametrů, byly vyřazeny parametry s hodnotou spolehlivosti vyšší než 0,05. Ze zbylých parametrů byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2$ .

Z těchto výsledků můžeme tedy tvrdit, že stanovení množství %BF pomocí nově vytvořené predikční rovnice pro přístroj Bodystat (koeficient korelace  $R = 0,9330$ ,



koeficient determinace  $R^2 = 0,8706$ ) může nahradit vyšetření referenční DEXA metodou. Znamená to, že výsledky pomocí vytvořené predikční rovnice vysvětlují metodu DEXA z 87 %, standardní chyba odhadu regrese je 2,6% tělesného tuku. Hypotéza č. 3, že bude možné nahradit vyšetření DEXA některou z dostupných, pro pacienta méně zatěžujících, metod za použití námi vypočítané predikční rovnice, byla v této studii potvrzena.

Po zpětném dosazení hodnot do naší vytvořené rovnice jsme zjistili, že pro přístroj Bodystat je u 87% probandů rozdíl od DEXA metody do  $\pm 3\%$  tělesného tuku, což je srovnatelné s rozptylem u samotné DEXA metody. Výsledky z predikčních rovnic pro ostatní použité metody také vykazují významnou shodu s výsledky referenční metody DEXA. Pro přístroj Omron byla na základě vybraných parametrů stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2 = 0,8381$  (s koeficientem korelace  $R = 0,9155$ ). Pro přístroj Tanita byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2 = 0,8152$  (s koeficientem korelace  $R = 0,9029$ ). A u metody antropometrické - kaliperace byla stanovena predikční rovnice s koeficientem determinace  $R^2 = 0,8505$  (s koeficientem korelace  $R = 0,9222$ ).

Po zpětném dosazení hodnot do predikčních rovnic je rozdíl do  $\pm 3\%$  tělesného tuku mezi hodnotou výsledku naměřenou metodou DEXA a hodnotou vypočítanou s využitím predikční rovnice u BIA metody pomocí přístroje Tanita u 87% probandů, u kaliperace u 82% probandů a u BIA metody pomocí přístroje Omron u 80% zkoumaných osob.

Na základě těchto výsledků je vidět, že s využitím výše popsanych predikčních rovnic se výsledky měření všemi metodami výrazně přiblíží referenční metodě DEXA. Zvláště pak metody BIA jsou díky své snadné dostupnosti měření vhodné k využití kontroly účinnosti redukčního programu u pacientek s nadváhou a obezitou.

V běžné praxi se ukazuje, že měření množství tělesného tuku v rámci redukčního programu se významně podílí na zlepšení compliance pacientů s nadváhou a obezitou. Změna v oblasti zastoupení tuku (v %) předchází změně hmotnosti zvláště u pacientů, kteří adekvátně zvýšili pohybovou aktivitu. Pro další úspěch je tedy důležité nalézt jiný parametr, který hodnotí úspěšnost redukčního režimu dříve než našimi pacienty očekávaný pokles hmotnosti. Je samozřejmé, že k tomuto účelu postačí méně přesné hodnoty prováděné na jednom přístroji zatíženém stále stejnou chybou (dostupné BIA metody) či pouze běžné měření obvodu pasu. Na druhou stranu je však nezpochybnitelné, že pro výzkumné účely je nezbytné užití přesných metod resp. metod srovnatelných s referenční

metodou DEXA. Při hodnocení pak např. kardiovaskulárního rizika u obézních osob je důležité nejen hodnocení obsahu tuku ale i jeho distribuce, což v této práci nebylo předmětem výzkumu.

## V Závěr

Cílem naší práce bylo porovnat čtyři v klinické praxi dostupnější metody (metoda antropometrická a metody založené na vodivosti těla - bioimpedanční analýza pomocí přístrojů Omron, Tanita a Bodystat) s metodou DEXA a najít metodu, která se co nejvíce blíží metodě DEXA a zároveň je využitelná v terénu pro měření žen s nadváhou a obezitou. Dalším cílem bylo pak na základě výsledků sestavit vhodné predikční rovnice pro tuto kategorii osob.

Měření množství tukové tkáně má u pacientů s nadváhou a obezitou veliký význam nejen pro jednorázové vyšetření obézního pacienta a stanovení kardiovaskulárních a metabolických rizik, ale také pro kontrolu účinnosti redukčního programu a zvýšení compliance pacientů.

Na základě našeho měření jsme zjistili, že naměřené hodnoty tělesného tuku se od sebe významně liší v závislosti na použité metodice. Nicméně nejtěsnější výsledky s referenční metodou DEXA vykazuje metoda BIA s tetrapolárním uspořádáním elektrod (přístroj Bodystat).

Dále jsme sestavili predikční rovnice s jejichž využitím se výsledky měření všemi metodami výrazně přiblížili referenční metodě DEXA. Je však samozřejmé, že nalezené vztahy, uváděné výsledky a výstupy nelze zobecňovat na celou populaci, ale mohou být využity pouze pro tento soubor.

## VI Seznam použité literatury

1. ANDĚL, M. et al. *Diabetes mellitus a další poruchy metabolismu*. Praha : Galén, 2001. ISBN 80-7262-047-9.
2. BENČO, J. *Metodológia vedeckého výskumu*. 1 vyd. Bratislava : IRIS, 2001. 194 s. ISBN 80-89018-27-0.
3. DEURENBERG, P.: Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, č. 64, s. 449-452.
4. DLOUHÁ, R., HELLER, J., BUNC, V., GAMBARARA, D., ANDREOLI, A., CALDARONE, G. Srovnání rovnic Pařízkové pro zjišťování tělesného tuku sportujících žen. *Med. Sport. Boh. Slov.* 1998, č.7, s. 1-6.
5. FIALOVÁ, D. Účinek kombinované terapie na osoby se zvýšenou tělesnou hmotností. *Med. Sport. Boh. Slov.* 2000, č.3, s. 103-104.
6. HAAPANEN, N., MIILUNPALO, S., et al. Assotiation of leisure time physical activity with the risk of coronary heart disease, hypertension and diabetes in middle-aged men and women. *Int. Journal of Epidemiol.* 1998, č. 27, s. 335-336.
7. HAINER, V. *Základy klinické obezitologie*. 1. vyd. Praha : Grada publishing, 2004. 356 s. ISBN 80-247-0233-9.
8. HAINER, V., KUNEŠOVÁ, M. *Obezita. Etiopatogeneze, diagnostika a terapie*. 1. vyd. Praha : Galén, 1997. 126 s. ISBN 80-85824-67-1.
9. HAINER, V., KUNEŠOVÁ, M., PAŘÍZKOVÁ, J., ŠTICH, V., MULLER, L. Stanovení tělesného složení: Srovnání bipedální BIA s hydrodenzitometrií a antropometrií. *Čes. a Slov. Gastroenterologie*. 1996, č.2, s. A6-A7.
10. HAINER, V., KUNEŠOVÁ, M., PAŘÍZKOVÁ, J., ŠTICH, V., MULLER, L. HOŘEJŠ, J. Body fat assessment by a new bipedal bioimpedance instrument in normal weight and obese woman. *Sborník lékařský*. 1995, č.3, s. 249-256.
11. HALADOVÁ, E., NECHVÁTALOVÁ, L. *Vyšetřovací metody hybného systému*. 1.vyd. Brno : IDVPZ, 1997, 135 s. ISBN 80-7013-237-X.
12. HARDMAN, A.E. Physical activity and metabolic syndrome. *Med. Sport. Boh. Slov.* 1997, č.1, s. 1-8.

13. HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat*. 2. vyd. Praha : Portál, 2006. 583 s. ISBN 80-7367-123-9.
14. HEYWARD, V., H., STOLARCZYK, L., M. *Applied body composition assessment*. 1. ed. Champaign : Human kinetics, 1996. 232 s. ISBN 0-7360-4630-5.
15. HLÚBIK, P. *Úvod do problematiky obezity*. 1. vyd. Hradec Králové : Vojenská lékařská akademie J.E. Purkyně, 1997. 83 s. ISBN 80-85109-03-4.
16. KAŇKOVÁ, K. *Poruchy metabolismu a výživy*. 1. vyd. Brno : Masarykova Univerzita v Brně, 2005. 59 s. ISBN 80-210-3670-2.
17. KINKOROVÁ, I. *Využitelnost současných metod pro stanovení tělesného složení v terénních a laboratorních podmínkách*. Disertační práce. UK FTVS Praha 2004. 119 s.
18. KLEINWACHTEROVÁ, H., BRÁZDOVÁ, Z. *Výživový stav člověka a způsoby jeho zjišťování*. 2.vyd. Brno: NCO, 2005. 102 str. ISBN 80-70133-36-8
19. KREUZBERGOVÁ, J. Obezita – celosvětová noční můra. *Sestra*. 2002, č.4, s. 20-21.
20. KYRALOVÁ, M., MATOUŠOVÁ, M. a kol. *Zdravotní tělesná výchova – II. část*. 1. vyd. Praha : ONYX, 1995. 175 s. ISBN 80-85228-24-6.
21. KUČERA, M., DYLEVSKÝ, I. a kol. *Sportovní medicína*. 1.vyd. Praha : Grada publishing, 1999. 284 s. ISBN 80-7169-725-7.
22. KUNEŠOVÁ, M. Metodika stanovení množství tuku v těle. *Sestra*. 2000, č.5, s. 3-4.
23. KUNEŠOVÁ, M., HAINER, V., PAŘÍZKOVÁ, J., ŽÁK, A., ŠTICH, V., HERGETOVÁ J., HOŘEJŠÍ, J. Stanovení distribuce tuku – který jednoduchý antropometrický ukazatel použít? *Čes. a Slov. Gastroenterologie*. 1996, č.2, s. A6-A7.
24. MÁČEK, M., MÁČKOVÁ J. Klinický význam tělesné zátěže v prevenci a léčení metabolického syndromu. *Med. Sport. Boh. Slov*. 1995, č.4, s. 103-106.
25. MAUD P.J., FOSTER C. *Physiological Assessment of Human Fitness*. 1. ed. Champaign : Human Kinetics, 1995. 296 s. 0-87322-776-X.
26. MÁLKOVÁ I., NEDVĚDOVÁ Š. Šíření behaviorální psychoterapie obezity. *Čes. a slov. Gastroenterologie*. 1996, č. 2, s. A 17.
27. MATOULEK, M. Fyzickou aktivitou proti cukrovce. *Lékařské listy*, 2004, č. 23, s. 4
28. PAŘÍZKOVÁ, J. *Body fat and physical fitness*. Hague: Martinus Nijhoff B.V/ Medical division, 1977.

29. PAŘÍZKOVÁ, J. Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Med. Sport. Boh. Slov.* 1998, č.7, s. 1-6.
30. PAŘÍZKOVÁ, J. *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režimu.* 1. vyd. Praha : Avicenum, 1973. 240 s. ISBN 08-008-074.
31. PAŘÍZKOVÁ, J., HAINER, V., KUNEŠOVÁ, M., VĚTVIČKA, J. Zkušenosti s vyšetřováním tělesného složení normálních a obézních osob u nás a v zahraničí. *Med. sport. bohem. slov.* 1998, č.3, s. 103.
32. SHARMA, AM. Adipose tissue: mediator of cardiovascular risk. *International Journal of Obesity.* 2002, č. 26, s. 5-7.
33. SOUČEK, M. Úvod do problematiky metabolického syndromu. *Vnitř. lék.* 2005, č.1, s. 48-51.
34. STEJSKAL, P. Preskripce trvání tréninku, jeho energetického výdeje a týdenní frekvence v rámci aerobní části programu tělesné aktivity. *Med. Sport. Boh. Slov.* 1993, č.2, s. 93-98.
35. STEJSKAL, P. Posouzení hmotnosti a složení těla. *Osobní lékař.* 2004, č.1, s. 52-54.
36. STEJSKAL, P., HEJNOVÁ, J. Preskripce intenzity zatížení v programu kontinuální tělesné aktivity *Med. Sport. Boh. Slov.* 1993, č.4, s. 11-17.
37. STEJSKAL, P. *Proč a jak se zdravě hýbat.* 1. vyd. Praha : Presstempus, 2004. 123 s. ISBN 80-903350-2-0.
38. STUNKARD AJ., WADDEN TA. *Obesity: theory and therapy.* 2. ed. New York : Raven Press, 1993. 377 s. ISBN 0-88167-884-8
39. SVAČINA, Š. *Metabolický syndrom.* 1. vyd. Praha : Triton, 2001. 179 s. ISBN 80-7254-178-1.
40. SVAČINA, Š. *Obezita a diabetes.* 1. vyd. Praha : Maxdorf, 2000. 307 s. ISBN 80-85800-43-8.
41. SVAČINA, Š., OWEN, K. *Syndrom inzulínové rezistence.* Praha : Triton, 2003. 179 s. ISBN 80-7254-353-9.
42. SVAČINOVÁ, H. Role pohybové léčby a tělesné zdatnosti v prevenci a léčbě metabolického syndromu. *Vnitř. lék.* 2005, č. 1, s. 87-92.
43. ŠIMEK, I. Výpočetní metody určování složení těla – současný stav. *Čes. a Slov. Gastroenterologie.* 1995, č.2, s. 76.
44. ŠONKA, J., DOLEŽALOVÁ, J. a ŽBIRKOVÁ, A. *Útok proti obezitě.* 1. vyd.

- Bratislava : Slovenské tělovýchovné vydavatelstvo, 1991. 143 s. ISBN 80-7096-135-X
45. TOBOLKOVÁ, I. *Srovnání různých metod pro stanovení tělesného složení*. Diplomová práce UK FTVS Praha 2001. 65 s.
46. VILIKUS, Z., BRANDEJSKÝ, P. a NOVOTNÝ, V. *Tělovýchovné lékařství*. 1.vyd. Praha : Karolinum, 2004. 257 s. ISBN 80-246-0821-9.
47. VŠETULOVÁ, E., BUNC, V. Využití bioimpedanční metody pro stanovení procenta tělesného tuku obézních žen. *Časopis lékařů českých*. 2004, č.8, s. 528-531.
48. WAJCHENBERG, BL. Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. *Endocrine reviews*. 2000, č. 6, s.697-738.
49. WALACE JP: Obesity. In *ACSM' exercise management for persons with chronic disease and disabilities*. ACSM, 1.ed. Champaign : Human Kinetics, 1997. Chapter 18, s.106 -111. ISBN 0-87322-798-0.
50. WHO CONSULTATION. *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. 1.vyd. Ženeva : WHO, 2000. 253 s. ISBN 92-4-120894-5.
51. ZAJACOVÁ, R., RADVANSKÝ J. a kol. Trendy v pohybové terapii u metabolického kardiovaskulárního syndromu. *Med. Sport. Boh. Slov.* 2002, č.2, s. 49-56.
52. ZEMAN, D. Obezita a metabolický syndrom. *Vnitř. lék.* 2005, č. 1, s. 72-75.

Jiné zdroje:

53. BLÁHA, P., MOTTL, P., ZAMRAZILOVÁ, H. *Vhodnost stanovení množství tuku používanými metodami u obézních*. [online] [cit.2006-6-18]. Dostupné z: <<http://www.obesitas.cz/download/obezitologie2005Luhacovice.pdf>>
54. BLÁHA, P., BRABEC, M., ŠRÁMKOVÁ, D., LISÁ L., VIGNEROVA, J., KOUBA, M., ZAMRAZILOVÁ, H., RIEDLOVÁ, J. *Porovnání metod klasické antropometrie stanovení tělesného složení obézních dětí s moderní metodou DEXA*. [online] [cit.2006-6-18]. Dostupné z: <<http://www.obesitas.cz/download/obezitologie2002.pdf>>
55. *Body mass index*. [online]. c2005, poslední revize 13.10.2005 [cit. 2005-12-2]. Dostupné z: <<http://www.ruthk.net/nutrition/index.html>>
56. FRIED, M. *Chirurgické léčení obezity*. [online]. c2003, poslední revize 21.10.2003 [cit.2005-12-15].

Dostupné z:

<<http://www.stob.cz/view.php?cisloclanku=2003102101>>

57. HILL, JO., WYAT, HR. *Role of physical activity in preventing and treating obesity* [online]. c2003, poslední revize 21.10.2003 [cit.2005-12-15].

Dostupné z: <<http://jap.physiology.org/content/>>

58. INTERNATIONAL FEDERATION OF SPORTS MEDICINE: *Diabetes mellitus and exercise*. [online] [cit.2006-02-20]. Dostupné z:

<<http://www.fims.org/fims/frames.asp>>

59. JAKIČIĆ, JM. a kol. *Appropriate intervention strategie for weight loss and prevention of weight regain for adults*. [online]. [cit.2006-02-18]. Dostupné z: <<http://www.acsm-msse.org/pt/pt-core/template-journal/msse/media/1201.pdf>>

60. KUNEŠOVÁ, M. *Obezita – diagnostika*. [online] [cit.2006-7-18]. Dostupné z: <<http://www.cls.cz/dp/2002/t171.rtf>>

61. NĚMCOVÁ, H. *Pohybová aktivita v prevenci a terapii civilizačních chorob*. [online] [cit.2006-2-18]. Dostupné z: <<http://www.cls.cz/dp/2002/t253.rtf>>

62. *Obezita v ČR i ve světě*. [online] c2005, poslední revize 4.2.2006 [cit.2006-02-15]. Dostupné z: <<http://www.obezita.cz/obezita/v-cr-a-ve-svete/>>

63. *Pyramida zdravé výživy*. [online] c2003, poslední revize 18.6.2003 [cit.2006-03-18]. Dostupné z: <[http://www.fzv.cz/web/fzv-akcni/informacni\\_materialy/pyramida](http://www.fzv.cz/web/fzv-akcni/informacni_materialy/pyramida)>



## VII Seznam příloh

**Příloha č.1:** Tabulka srovnávající hodnoty naměřené přístrojem Bodystat, hodnoty vypočítané dosazením do predikční rovnice a hodnoty naměřené referenční metodou DEXA. V tabulce jsou také uvedeny parametry probandů využité v predikční rovnici pro přístroj Bodystat.

**Příloha č.2:** Tabulka srovnávající hodnoty naměřené přístrojem Tanita, hodnoty vypočítané dosazením do predikční rovnice a hodnoty naměřené referenční metodou DEXA. V tabulce jsou také uvedeny parametry probandů využité v predikční rovnici pro přístroj Tanita.

**Příloha č.3:** Tabulka srovnávající hodnoty naměřené přístrojem kaliper, hodnoty vypočítané dosazením do predikční rovnice a hodnoty naměřené referenční metodou DEXA. V tabulce jsou také uvedeny parametry probandů využité v predikční rovnici pro přístroj kaliper.

**Příloha č.4:** Tabulka srovnávající hodnoty naměřené přístrojem Omron, hodnoty vypočítané dosazením do predikční rovnice a hodnoty naměřené referenční metodou DEXA. V tabulce jsou také uvedeny parametry probandů využité v predikční rovnici pro přístroj Omron.

**Příloha č.5:** Použité přístroje:

Foto 1: DEXA - HOLOGIC, QDR 4500A

Foto 2: BIA - Bodystat Quadscan 4000

Foto 3: BIA - Tanita TBF 410

Foto 4: BIA - Omron BF 306

Foto 5: Kaliper typu Best

Příloha č. 1

proband	hmotnost (kg)	pas (cm)	Bodystat (% tuku)	DEXA (%tuku)	odhad DEXA výpočtem (% tuku)	rozdíl (%tuku)	absolutní hodnota rozdílu  x
1.	66	75	20,1	25,6	24,97401	-0,6260	0,62599
2.	85,8	97	39,5	37,9	37,76665	-0,1334	0,13335
3.	106,8	109	38,9	38,1	38,24989	0,1499	0,14989
4.	79,5	98	41,2	38,7	37,85207	-0,8479	0,84793
5.	82,4	91	40,2	39,4	38,88082	-0,5192	0,51918
6.	106,5	106	43,9	41,6	42,35684	0,7568	0,75684
7.	104,2	108	44,6	41,6	42,13896	0,5390	0,53896
8.	97	96	45,5	43	43,94805	0,9480	0,94805
9.	101,1	110	50,1	45,1	45,24756	0,1476	0,14756
10.	110	119	52,3	46,4	46,48203	0,0820	0,08203
11.	112,7	112	53,1	48,2	48,77326	0,5733	0,57326
12.	114,5	107	45,8	44,7	44,73803	0,0380	0,03803
13.	95,3	94	51,4	48,3	48,30339	0,0034	0,00339
14.	108	95	42,2	43,9	43,42102	-0,4790	0,47898
15.	73	77	27,1	29,8	30,67981	0,8798	0,87981
16.	64,6	72	28,9	30,8	31,64419	0,8442	0,84419
17.	81,9	92	41,3	39,7	39,40828	-0,2917	0,29172
18.	91,4	98	45,1	42,3	42,44361	0,1436	0,14361
19.	78,6	98	37,7	35	35,20327	0,2033	0,20327
20.	77,3	93	50,4	44,2	45,06349	0,8635	0,86349
21.	83,1	108	45,3	39,1	39,46608	0,3661	0,36608
22.	68,6	81	37,5	37,4	36,73705	-0,6630	0,66295
23.	82,4	98	42,7	40,6	39,36567	-1,2343	1,23433
24.	102,2	111	48,1	44,8	43,78971	-1,0103	1,01029
25.	88,7	106	49,2	45,3	43,48387	-1,8161	1,81613
26.	93,9	103	43	41,5	40,37585	-1,1242	1,12415
27.	77	93	36,3	33,7	34,89313	1,1931	1,19313
28.	91,6	114	45,7	38,9	39,90937	1,0094	1,00937
29.	90,6	96	41,2	38,5	39,89702	1,3970	1,39702
30.	76,2	94	40,9	39,7	37,88879	-1,8112	1,81121
31.	94,6	106	48,8	42,7	44,08458	1,3846	1,38458
32.	99,7	110	48,4	45,2	43,81609	-1,3839	1,38391
33.	79,2	96	42,6	38	39,18666	1,1867	1,18666
34.	91	96	47,7	46,4	44,62487	-1,7751	1,77513
35.	68,1	76	28,9	30,3	31,42214	1,1221	1,12214
36.	83,9	97	39,4	35,8	37,40889	1,6089	1,60889
37.	105	115	48,7	42,1	43,89317	1,7932	1,79317
38.	107	96	42,8	44,6	43,51418	-1,0858	1,08582
39.	100,7	115	56,5	46,9	48,8472	1,9472	1,9472
40.	74,6	94	39,6	39,5	36,71446	-2,7855	2,78554
41.	86	87	28,8	29,4	31,98508	2,5851	2,58508
42.	74,2	82	30,9	30,5	32,65319	2,1532	2,15319
43.	107,5	106	46,1	41,1	44,08716	2,9872	2,98716
44.	49,9	63	23,7	30	27,38252	-2,6175	2,61748
45.	83,2	97	43,4	37,8	40,17594	2,3759	2,37594
46.	91,3	94	45,4	46,1	43,39279	-2,7072	2,70721
47.	60,5	70	21,3	23,9	25,94398	2,0440	2,04398
48.	91,3	110	48	40,1	42,26465	2,1647	2,16465
49.	115,4	119	51,5	49,2	46,72025	-2,4798	2,47975
50.	71,9	96	43,4	35,9	38,66249	2,7625	2,76249
51.	70,5	87	41,2	41,1	38,55677	-2,5432	2,54323
52.	84,5	98	43,2	43	40,04077	-2,9592	2,95923
53.	74,7	81	37,3	40,5	37,51148	-2,9885	2,98852
54.	101	106	50,3	43	46,12493	3,1249	3,12493
55.	78,2	97	47,2	39	42,15222	3,1522	3,15222
56.	83,7	97	40,7	41,9	38,31232	-3,5877	3,58768

Rozdíl odhadu DEXA od DEXA	1 ≥  x	2 ≥  x  ≥ 1	3 ≥  x  ≥ 2	4 ≥  x  ≥ 3	4 ≤  x
počet probandů	22	17	14	3	5
počet probandů (%)	36	28	23	5	8

## Příloha č.2

proband	Tanita (% tuku)	hmotnost (kg)	pas (cm)	výška (cm)	DEXA (%tuku)	odhad DEXA výpočtem (% tuku)	rozdíl (%tuku)	absolutní hodnota rozdílu  x
1.	39,7	74,7	81	162	40,5	39,74244	-0,7576	0,75756
2.	44,2	97	96	171	43	42,20052	-0,7995	0,79948
3.	39	90,6	96	167	38,5	39,09716	0,5972	0,59716
4.	47,2	102,2	111	166	44,8	44,45714	-0,3429	0,34286
5.	47,7	99,7	110	163	45,2	45,27634	0,0763	0,07634
6.	46	107	96	176	44,6	43,8358	-0,7642	0,7642
7.	39	79,2	96	162	38	38,18392	0,1839	0,18392
8.	40,8	91,4	98	160	42,3	42,18952	-0,1105	0,11048
9.	29,6	68,1	76	171	30,3	30,47062	0,1706	0,17062
10.	39,5	93,9	103	157	41,5	42,21264	0,7126	0,71264
11.	25,4	64,6	72	162	30,8	30,6902	-0,1098	0,1098
12.	40,5	83,1	108	158	39,1	39,42026	0,3203	0,32026
13.	39,9	106,8	109	178	38,1	37,84562	-0,2544	0,25438
14.	45,7	88,7	106	156	45,3	44,50214	-0,7979	0,79786
15.	45	107,5	106	176	41,1	41,9515	0,8515	0,8515
16.	41,2	79,5	98	164	38,7	38,59502	-0,1050	0,10498
17.	39,1	106,5	106	166	41,6	41,48626	-0,1137	0,11374
18.	43,1	78,2	97	164	39	39,53798	0,5380	0,53798
19.	45,9	95,3	94	157	48,3	47,44202	-0,8580	0,85798
20.	49,1	100,7	115	154	46,9	48,37968	1,4797	1,47968
21.	43,9	105	115	164	42,1	43,23714	1,1371	1,13714
22.	45,6	94,6	106	160	42,7	44,47832	1,7783	1,77832
23.	40,6	91,6	114	158	38,9	40,46452	1,5645	1,56452
24.	42,1	84,5	98	161	43	41,12426	-1,8757	1,87574
25.	29,3	74,2	82	167	30,5	32,012	1,5120	1,512
26.	40,2	85,8	97	166	37,9	38,9099	1,0099	1,0099
27.	41,6	108	95	165	43,9	45,11166	1,2117	1,21166
28.	43,2	114,5	107	172	44,7	43,54492	-1,1551	1,15508
29.	49	115,4	119	164	49,2	47,82554	-1,3745	1,37446
30.	37,4	71,9	96	158	35,9	36,93618	1,0362	1,03618
31.	35	82,4	91	159	39,4	38,24374	-1,1563	1,15626
32.	36,2	77	93	166	33,7	35,29462	1,5946	1,59462
33.	35,3	74,6	94	153	39,5	38,16544	-1,3346	1,33456
34.	43,1	91	96	156	46,4	44,94236	-1,4576	1,45764
35.	40,8	82,4	98	152	40,6	42,72972	2,1297	2,12972
36.	28,7	73	77	168	29,8	31,81062	2,0106	2,01062
37.	38,3	81,9	92	166	39,7	37,69442	-2,0056	2,00558
38.	44,4	104,2	108	165	41,8	44,03356	2,4336	2,43356
39.	34,9	68,8	81	164	37,4	35,0647	-2,3353	2,3353
40.	39,2	83,7	97	162	41,9	39,13024	-2,7698	2,76976
41.	41,8	83,2	97	162	37,8	40,5029	2,7029	2,7029
42.	39,5	77,3	93	152	44,2	41,59608	-2,6039	2,60392
43.	43,4	112,7	112	162	48,2	45,66946	-2,5305	2,53054
44.	46,6	91,3	110	163	40,1	42,83034	2,7303	2,73034
45.	43	85,3	97	166	38	40,39648	2,3965	2,39648
46.	33,9	76,1	81	172	37,1	33,63	-3,4700	3,47
47.	24,5	66	75	166	25,6	28,8091	3,2091	3,2091
48.	43,2	101,1	110	169	45,1	41,14918	-3,9508	3,95082
49.	49,1	101	106	164	43	46,61336	3,6134	3,61336
50.	39,1	78,6	98	159	35	38,75992	3,7599	3,75992
51.	41,3	91,3	94	162	46,1	42,39946	-3,7005	3,70054
52.	40,6	83,9	97	165	35,8	39,0374	3,2374	3,2374
53.	62,3	110	119	158	46,4	50,40278	4,0028	4,00278
54.	45,5	91,3	108	165	46,1	41,86598	-4,2340	4,23402
55.	36,8	76,2	84	166	39,7	38,3208	-4,3792	4,3792
56.	38,4	70,5	87	165	41,1	35,89364	-5,1064	5,10636
57.	24,1	60,5	70	169	23,9	28,10146	4,2015	4,20146
58.	35,4	86	87	178	28,4	33,90774	4,6077	4,60774
59.	38,2	89,5	106	165	43,7	37,60262	-6,0974	6,09738
60.	17,2	49,9	63	158	30	25,36096	4,6390	4,63904
61.	25,1	56,9	73	160	24,5	29,3316	4,8316	4,8316

Rozdíl odhadu DEXA od DEXA	1 ≥  x	2 ≥  x  ≥ 1	3 ≥  x  ≥ 2	4 ≥  x  ≥ 3	4 ≤  x
počet probandů	19	15	11	7	9
počet probandů (%)	31	25	18	12	14

Příloha č.3

proband	kaliper (%tuku)	věk (roky)	hmotnost (kg)	pas (cm)	výška (cm)	DEXA	odhad DEXA výpočtem (% tuku)	rozdíl (%tuku)	absolutní hodnota rozdílu  x
1	25.3	25	49.9	63	158	30	29.13025	-0.8697	0.86975
2	34.7	58	79.2	96	162	38	38.51799	0.5180	0.51799
3	37.8	55	107.5	106	176	41.1	41.87274	0.7727	0.77274
4	37.5	59	83.7	97	162	41.9	41.23823	-0.6618	0.66177
5	39.1	55	105	115	164	42.1	42.70003	0.6000	0.60003
6	39.9	43	91.4	98	160	42.3	42.86493	0.5649	0.56493
7	40.5	60	84.5	98	161	43	43.56715	0.5672	0.56715
8	40.3	30	108	95	165	43.9	44.61859	0.7186	0.71859
9	34.1	47	82.4	91	159	39.4	38.83839	-0.5616	0.56161
10	35.7	51	82.4	98	152	40.6	40.29847	-0.3015	0.30153
11	41.7	58	110	119	158	46.4	46.00531	-0.3947	0.39469
12	43.7	52	112.7	112	162	48.2	47.80389	-0.3961	0.39611
13	34.8	55	74.7	81	162	40.5	39.85182	-0.6482	0.64818
14	37.4	58	97	96	171	43	42.31502	-0.6850	0.68498
15	40.9	59	91	96	156	46.4	46.02167	-0.3783	0.37833
16	36.2	64	101	106	164	43	42.28496	-0.7150	0.71504
17	37.1	73	77.3	93	152	44.2	43.34235	-0.8576	0.85765
18	42.1	54	95.3	94	157	48.3	47.31535	-0.9847	0.98465
19	26.8	23	68.1	76	171	30.3	29.28158	-1.0184	1.01842
20	32.1	59	83.9	97	165	35.8	37.05999	1.2600	1.25999
21	34.9	59	83.2	97	162	37.8	39.33565	1.5357	1.53565
22	34.1	32	90.6	96	167	38.5	36.83087	-1.6691	1.66913
23	35.2	56	76.2	94	166	39.7	37.82454	-1.8755	1.87546
24	40.6	55	89.5	106	165	43.7	42.17188	-1.5281	1.52812
25	44.2	66	100.7	115	154	46.9	48.08074	1.1807	1.18074
26	20.4	23	60.5	70	166	23.9	25.14052	1.2405	1.24052
27	23.5	26	73	77	168	29.8	28.48425	-1.3158	1.31575
28	27.6	33	64.6	72	162	30.8	32.20232	1.4023	1.40232
29	35.6	28	85.8	97	166	37.9	36.5802	-1.3198	1.3198
30	37.3	66	81.9	92	166	39.7	41.66225	1.9622	1.96225
31	40.6	55	94.6	106	160	42.7	43.87082	1.1708	1.17082
32	40.1	61	99.7	110	163	45.2	43.97221	-1.2278	1.22779
33	34.1	39	78.6	98	159	35	36.21577	1.2158	1.21577
34	37.7	60	91.6	114	158	38.9	40.82665	1.9267	1.92665
35	44	55	115.4	119	164	49.2	47.39086	-1.8091	1.80914
36	39.3	57	83.1	108	158	39.1	41.03003	1.9300	1.93003
37	45.2	29	114.5	107	172	44.7	46.15026	1.4503	1.45026
38	35.1	67	85.3	97	166	38	40.05935	2.0594	2.05935
39	35.8	30	74.6	94	153	39.5	37.30638	-2.1936	2.19362
40	40.9	43	88.7	106	156	45.3	42.39255	-2.9075	2.90745
41	41.5	34	91.3	94	162	46.1	43.39147	-2.7085	2.70853
42	32.5	51	77	93	166	33.7	35.74925	2.0493	2.04925
43	32.3	65	78.2	97	164	39	36.90287	-2.0971	2.09713
44	40.5	54	104.2	108	165	41.6	44.39303	2.7930	2.79303
45	39.7	61	101.1	110	169	45.1	43.04165	-2.0584	2.05835
46	40.5	65	91.3	108	165	46.1	43.11977	-2.9802	2.98023
47	35.6	62	71.9	96	158	35.9	38.80734	2.9073	2.90734
48	42.4	39	93.9	103	157	41.5	44.32128	2.8213	2.82128
49	37.5	40	107	96	176	44.6	41.66115	-2.9389	2.93885
50	39.2	39	106.8	109	178	38.1	40.32798	2.2280	2.22798
51	20.6	51	56.9	73	160	24.5	27.86104	3.3610	3.36104
52	34	40	79.5	98	164	38.7	35.6541	-3.0459	3.0459
53	25.1	24	66	75	166	25.6	28.72933	3.1293	3.12933
54	27.9	55	68.8	81	164	37.4	33.61911	-3.7809	3.78089
55	41.6	60	91.3	110	163	40.1	43.3672	3.2672	3.2672
56	42.6	45	106.5	106	166	41.6	45.54258	3.9426	3.94258
57	37.2	52	102.2	111	166	44.8	40.89484	-3.9054	3.90536
58	29	25	76.1	81	172	37.1	31.53944	-5.5606	5.56056
59	32.7	20	86	87	178	26.4	35.57041	4.1704	4.17041
60	31.1	47	74.2	82	167	30.6	36.46111	4.8611	4.86111
61	32.3	63	70.5	87	168	41.1	36.57559	-4.5244	4.52441

Rozdíl odhadu DEXA od DEXA	1 ≥  x	2 ≥  x  ≥ 1	3 ≥  x  ≥ 2	4 ≥  x  ≥ 3	5 ≥  x
počet probandů	18	19	13	7	4
počet probandů (%)	30	31	21	12	6

## Příloha č.4

proband	Omron (%tuku)	boky (cm)	DEXA	odhad DEXA výpočtem (% tuku)	rozdíl (%tuku)	absolutní hodnota rozdílu  x
1.	39,7	112	39,4	39,11192	-0,2881	0,28808
2.	41,6	110	40,5	39,84736	-0,6526	0,65264
3.	48,4	132	46,4	46,98144	0,5814	0,58144
4.	25,6	107	29,8	30,59056	0,7906	0,79056
5.	36,3	113	37,9	37,39768	-0,5023	0,50232
6.	38,1	114	38,5	38,54136	0,0414	0,04136
7.	44,2	125	42,7	43,59232	0,8923	0,89232
8.	49,2	134	46,9	47,72992	0,8299	0,82992
9.	42,1	121	41,5	41,82056	0,3206	0,32056
10.	37,5	117	38,7	38,6748	-0,0252	0,0252
11.	28,1	105	30,8	31,65576	0,8558	0,85576
12.	39,8	110	39,7	38,85808	-0,8419	0,84192
13.	42,5	124	41,6	42,5036	0,9036	0,9036
14.	39,6	111	38	38,90256	0,9026	0,90256
15.	42,4	115	40,6	41,05904	0,4590	0,45904
16.	41,7	123	42,3	41,90952	-0,3905	0,39048
17.	41,9	127	43	42,63704	-0,3630	0,36296
18.	47,8	116	44,2	44,18128	-0,0187	0,01872
19.	23,9	105	30,3	29,34744	-0,9526	0,95256
20.	44,5	130	44,8	44,5292	-0,2708	0,2708
21.	43	128	43,9	43,396	-0,5040	0,504
22.	45	127	45,2	44,3408	-0,8592	0,8592
23.	48	137	48,2	47,5336	-0,6664	0,6664
24.	34,6	101	33,7	34,61056	0,9106	0,91056
25.	43,1	133	44,7	44,22296	-0,4770	0,47704
26.	42,2	123	41,1	42,18432	1,0843	1,08432
27.	17,9	99	23,9	25,12344	1,2234	1,22344
28.	35,5	110	35	36,4948	1,4948	1,4948
29.	46,3	126	43	44,90088	1,9009	1,90088
30.	26,9	105	29,4	30,99624	1,5962	1,59624
31.	44,5	122	45,1	43,294	-1,8060	1,806
32.	42,6	110	39	40,39696	1,3970	1,39696
33.	43,5	117	40,1	41,9724	1,8724	1,8724
34.	48,8	136	49,2	47,81888	-1,3811	1,38112
35.	45	129	46,1	44,6496	-1,4504	1,4504
36.	38,2	124	38,1	40,14032	2,0403	2,04032
37.	22,1	101	25,6	27,74056	2,1406	2,14056
38.	45,1	131	42,1	45,01336	2,9134	2,91336
39.	36,6	109	39,5	36,94496	-2,5550	2,55504
40.	37,8	108	39,7	37,45008	-2,2499	2,24992
41.	47,4	127	48,3	45,65984	-2,6402	2,64016
42.	45	123	46,4	43,7232	-2,6768	2,6768
43.	42,1	119	39,1	41,51176	2,4118	2,41176
44.	42	119	43,7	41,4568	-2,2432	2,2432
45.	39,6	113	41,9	39,21136	-2,6886	2,68864
46.	41	115	43	40,2896	-2,7104	2,7104
47.	41,2	112	37,8	39,93632	2,1363	2,13632
48.	42,2	112	38	40,48592	2,4859	2,48592
49.	40,1	106	35,9	38,40536	2,5054	2,50536
50.	36,5	92	37,4	34,2652	-3,1348	3,1348
51.	39,1	104	41,1	37,54696	-3,5530	3,55304
52.	43,5	118	45,3	42,1268	-3,1732	3,1732
53.	47,5	123	41,8	45,0972	3,4972	3,4972
54.	45	114	38,9	42,3336	3,4336	3,4336
55.	40,4	121	44,6	40,86624	-3,7136	3,71376
56.	32,4	104	30,5	33,86464	3,3646	3,36464
57.	39,5	127	35,8	41,318	5,5180	5,518
58.	41,7	124	46,1	42,06392	-4,0361	4,03608
59.	17,7	95	30	24,55032	5,4497	5,44976
60.	29,3	98	24,5	30,92568	6,4257	6,42568
61.	30,1	105	37,1	32,44616	4,6538	4,65384

Rozdíl odhadu DEXA od DEXA	$1 \geq  x $	$2 \geq  x  \geq 1$	$3 \geq  x  \geq 2$	$4 \geq  x  \geq 3$	$4 \leq  x $
počet probandů	25	10	14	7	5
počet probandů (%)	41	16	23	12	8

Příloha č.5

Foto č.1



Foto č.2



Foto č.3



Foto č.4



Foto č.5

