

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

DIPLOMOVÁ PRÁCE

(magisterská)

Sledování vlivu intervenčního programu u dospělých s obezitou v regionu Opavsko

Autor: Bc. Aleš Groda

Trenérství a management

Vedoucí práce: MUDr. Renata Vařeková, Ph.D.

Olomouc 2022

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Aleš Groda

**Název diplomové práce:** Sledování vlivu intervenčního programu u dospělých klientů s obezitou v regionu Opavsko

**Pracoviště:** Fakulta tělesné kultury

**Vedoucí práce:** MUDr. Renata Vařeková, Ph.D.

**Rok obhajoby:** 2022

**Abstrakt:** Diplomová práce se zaměřuje na sledování vlivu intervenčního programu u dospělých klientů s obezitou navštěvujících sportovní centrum v regionu Opavsko. Hlavním cílem je sledování změn tělesného složení u osob s obezitou zapojených do tří měsíčního intervenčního programu zahrnující redukční dietu a pohybovou aktivitu. Tělesné složení bude sledováno metodou bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje Tanita BC 601. Dílčími cíly jsou sledování tělesné hmotnosti před a po intervenčním programu, sledování BMI před a po intervenčním programu, sledování komponent tělesného složení před a po intervenčním programu, sledování celkové tělesné tekutiny a kostní hmoty před a po intervenčním programu. Prostřednictvím programu R version 4.0.5 byly stanoveny rozdíly u sledovaných tělesných komponent. Získané výsledky byly porovnávány také ve vztahu s dalšími studii. Byl zjištěn statisticky významný vliv intervenčního programu téměř u všech sledovaných tělesných komponent.

**Klíčová slova:** Výživa, pohybová aktivita, zdravý životní styl, energetická bilance, redukce hmotnosti, intervenční program.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographic identification**

**Author's first name and surname:** Bc. Aleš Groda

**Title of the master thesis:** Monitoring the impact of the intervention programme in adults with obesity in the region of Opavsko

**Department:** Faculty of Body Culture

**Supervisor:** MUDr. Renata Vařeková, Ph.D.

**The year of presentation:** 2022

**Abstract:** The thesis focuses on monitoring the impact of the intervention programme in adult clients with obesity visiting a sports centre in the Opava region. The main objective is to monitor changes in body composition in people with obesity involved in a three-month intervention programme involving weight loss diets and exercise. Body composition will be monitored by the bioelectric impedance method via the Tanita BC 601 instrument. The sub-objectives are to monitor body weight before and after the intervention programme, to monitor BMI before and after the intervention programme, to monitor components of body composition before and after the intervention programme, to monitor total body fluid and bone mass before and after the intervention programme. Through R version 4.0.5, differences were determined for the body components monitored. The results obtained were also compared in relation to other studies. A statistically significant impact of the intervention program was found in nearly all of the body components studied.

**Keywords:** Nutrition, exercise, healthy lifestyle, energy balance, weight reduction, intervention programme

I agree with the loan of thesis within the library services.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením MUDr. Renáty Vařekové, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji MUDr. Renatě Vařekové, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi ochotně poskytla při zpracování diplomové práce.

## Obsah

1. Úvod.....	8
2. Přehled poznatků .....	9
2.1 Obezita .....	9
2.1.1 Hodnocení nadváhy a obezity u dospělé populace .....	11
2.1.2 Rizikové faktory pro obezitu (neovlivnitelné).....	17
2.1.3 Rizikové faktory pro obezitu (ovlivnitelné).....	21
2.1.4 Důsledky obezity a nadváhy.....	24
2.1.5 Epidemie obezity v České republice.....	27
2.1.6 Epidemie obezity v Evropě.....	27
2.1.7 Léčba obezity .....	28
2.1.8 Dietní opatření v léčbě obezity .....	31
2.2 Pohybová aktivita indikovaná při nadváze a obezitě .....	33
2.2.1 Silový trénink – cvičení posilovací.....	35
2.2.3 Techniky zvyšování tělesné zdatnosti .....	37
2.2.4 Zásady a účinek .....	39
2.3 Výživa a tělesné složení .....	41
2.3.1 Bazální metabolismus.....	46
2.3.2 Energetický výdej při pohybové aktivitě .....	49
2.3.3 Energetické substráty.....	51
2.3.4 Energetické zásoby v organismu .....	52
2.3.5 Sacharidy .....	54
2.3.6 Bílkoviny .....	59
2.3.7 Tuky .....	62
2.3.8 Vitamíny.....	64
2.4 Tělesné složení .....	65
2.4.1 Modely tělesného složení .....	67
2.4.2 Metody odhadu tělesného složení.....	69
2.4.3 Antropometrie.....	69
2.4.4 Biofyzikální a biochemické metody .....	71
2.4.5 Odhad podílu tuku podle bioelektrické impedance (BIA) .....	71
3. Cíl.....	75
4. Metodika.....	76
4.1 Výzkumný soubor .....	76

4.2 Metody sběru dat – měření .....	76
4.3 Organizace sběru a zpracování dat .....	79
4.4 Statistické zpracování dat .....	79
5. Výsledky.....	80
5.1 Somatické parametry .....	80
5.2 Rozdělení do kategorií dle hodnoty BMI .....	82
5.2.1 Kategorie nadváhy.....	83
5.2.2 Kategorie obezita 1. Stupně.....	85
5.2.3 Kategorie obezity 2. – 3. Stupně.....	86
5.3 Výsledky hypotéz .....	88
5.3.1 Hmotnost .....	88
5.3.2 BMI .....	89
5.3.3 Tělesné složení .....	90
6. Diskuze.....	96
7. Závěry .....	100
7.1 Sledování tělesné hmotnosti před a po intervenčním programu .....	100
7.2 Sledování BMI před a po intervenčním programu. ....	100
7.3 Sledování komponent tělesného složení před a po intervenčním programu .....	100
7.4 Sledování celkové tělesné tekutiny a metabolického věku před a po intervenčním programu..	101
7.5 Výsledky hypotéz .....	101
7. Souhrn .....	102
8. Summary .....	104
9. Referenční seznam .....	106
10. Přílohy .....	117

## 1. Úvod

Obezita se v posledních desetiletích stává vážným lékařským, psychologickým, sociálním a ekonomickým problémem. Onemocnění dříve postihující především populaci ekonomicky rozvinutých států Evropy a USA se rychle šíří celým světem. Výskyt obezity má veskrze vzestupnou tendenci a postihuje téměř všechny sociálně ekonomické skupiny obyvatelstva a svými komplikacemi, především metabolickými a kardiovaskulárními, ohrožuje životy zejména mladých lidí. I proto Světová zdravotnická organizace vyhlásila obezitu epidemií 21. století.

Česká republika má podle údajů zveřejněných Evropskou komisí třetí nejvyšší míru obezity v EU, přičemž 60 % populace je klasifikováno jako obézní. Nejnižší podíl lidí s nadváhou je mezi lidmi ve věku 18–24 let, a to něco málo přes 20 %, zatímco toto číslo vzrostlo na více než 60 % lidí ve věku 65 až 74 let. (Prague morning, 2021)

Cílem léčby obezity je nejen úbytek hmotnosti, ale také snížení zdravotních rizik, která jdou ruku v ruce s obezitou. V souvislosti s úbytkem hmotnosti je také důležité podotknout, že i po dosažení požadovaného úbytku hmotnosti by se měli lidé soustředit na dlouhodobé udržení hmotnosti. To vyžaduje celoživotní změnu životního stylu a je důležité klienty v tomto směru edukovat. V současnosti existuje pět postupů při léčbě obezity, a to dietoterapie, fyzická aktivita, psychoterapie, farmakologickou cestou a chirurgicky. Tyto metody používají lékaři a specializovaní odborníci. Při léčbě obezity sehraje klíčovou roli nejen dietní opatření, ale také pohybová aktivita. Kombinací těchto dvou složek dosáhneme nejen k léčbě obezity, ale především k její prevenci.

V naší společnosti postrádám dostatečnou osvětu v oblasti obezity, zejména u malých dětí. Věřím, že pokud by si již v raném dětství lidé vypěstovali zdravé stravovací a pohybové návyky, situace s obezitou by se radikálně zlepšila. Toto téma jsem si pro svou diplomovou práci zvolil ze dvou důvodů. Tím prvním je, že pracuji jako výživový poradce a silově-kondiční trenér a tudíž mám k tomuto tématu velmi blízko, a druhým důvodem je, že je toto téma velice aktuální a vnímám potřebu o něm mluvit a šířit osvětu.

Pro výzkum bylo vybráno 20 klientů smíšeného pohlaví s nadváhou a obezitou, kteří podstoupili tříměsíční intervenční program zahrnující dietní opatření a zařazení pohybové aktivity.



## 2. Přehled poznatků

### 2.1 Obezita

Obezita se na přelomu tisíciletí stala v důsledku životních podmínek a životního stylu, který vyústil v pozitivní energetickou bilanci, nejčastější metabolickou chorobou. V minulosti se člověk spíše potýkal s nedostatkem potravy, a byl vystaven podvýživě a hladovění. To však neznamená, že by se v minulosti obezita nevyskytovala. Obezita provází lidstvo od prehistorických dob. Důkazy o obezitě v historii přináší především umění – sochy, obrazy ale také literární díla. Jako příklad si uveďme sošku Věstonické Venuše, která pochází z dob před 25 000 lety. Sošky znázorňují gynoidně dysplastickou či abdominální obezitu s mohutným poprsím jako symboly plodnosti a hojnosti. Obezita se vyskytovala i ve starověkém Egyptě, a to zejména u bohatších vrstev. Rozbory kožních řas mumií Amenophise III a Ramsese III potvrdily, že tito faraoni trpěli obezitou. Obézní jedince znázorňovali v dávné minulosti také umělci ve Střední Americe a ve starobylé Mezopotámii. (Hainer, 2011)

Vzestup morbidní obezity má nyní vzestupnou tendenci nejen v populaci ekonomicky rozvinutých států Evropy a USA, ale šíří se celým světem. „Na celém světě je přibližně 937 milionů obézních dospělých a 396 milionů dospělých s nadváhou“. (Wang, Wang, Liu, Wang, Liu, Zhao, Huang, Liu, Sun, Dong, 2012). Světová zdravotnická organizace zase v roce 2016 uvedla, že více než 1,9 miliardy dospělých (18 let a starších) mělo nadváhu; z toho více než 650 milionů dospělých mělo obezitu. Toto číslo znamená, že 39 % dospělých mělo nadváhu a 13 % bylo obézních. Ve skutečnosti se celosvětový výskyt obezity mezi lety 1975 a 2016 téměř ztrojnásobil. (Han & Lee, 2021) Dokument Světové zdravotnické organizace hovoří o celosvětové epidemii obezity. Světová zdravotnická organizace (2021) definuje nadváhu a obezitu jako „nadměrné hromadění tuku, které může poškodit zdraví.“

V obecné populaci představuje přítomnost obezity jeden z nejdůležitějších rizikových faktorů kardiovaskulárních onemocnění, úmrtí z kardiovaskulárních příčin a úmrtí ze všech příčin. Index tělesné hmotnosti (BMI) má skutečně trvalý pozitivní vztah k riziku kardiovaskulárních onemocnění. Všechny hlavní mezinárodní pokyny pro prevenci kardiovaskulárních onemocnění doporučují dosažení a udržení zdravé hmotnosti, aby se dosáhlo snížení kardiovaskulárního rizika a kardiovaskulárních příhod. (Proietti, Guiducci, Cheli, Lip, 2017).

Hainer (1997) definuje obezitu obdobně jako Světová zdravotnická organizace a to jako „zmnožení tuku v organismu. Podíl tuku v organismu je určován pohlavím, věkem a etnickým charakterem populace“.

Dilektasli a Demir (2021) pohlížejí na obezitu jako na jeden z hlavních problémů moderního světa v oblasti veřejného zdraví. Postihuje lidi v jakémkoli věku a ze všech druhů sociálního, ekonomického a kulturního prostředí. Celosvětově přibývá chronických onemocnění souvisejících s obezitou, včetně kardiovaskulárních onemocnění, diabetu, metabolického syndromu a mnoha druhů rakoviny. Údaje o celosvětových trendech v oblasti zdraví v letech 1980 až 2013 ukázaly, že úmrtí v souvislosti s obezitou jsou třikrát vyšší než úmrtí v souvislosti s podvýživou a hladověním. Z komplexního výzkumu provedeného Světovou zdravotnickou organizací (WHO) v roce 2016 vyplynulo, že; 39 % dospělých mužů a žen (ve věku +18 let) s BMI >25 kg/m<sup>2</sup> mělo „nadváhu“. Dalších 11 % mužů a 15 % žen s BMI > 30 kg/m<sup>2</sup> bylo „obézních“. Ve stejném roce výzkum ukázal, že 18 % dětí a dospívajících trpí nadváhou nebo obezitou. Podle WHO je jisté, že obezita za poslední čtvrt století dramaticky vzrostla. Výzkum WHO uvádí, že epidemie obezity postihuje více než 10% světové populace a je nyní zavedena jako „globezita“, aby zdůraznila svou hrozbu pro globální zdraví.

Obezita zvyšuje riziko řady chorob, zejména kardiovaskulárních (např. ischemická choroba srdeční, arteriální hypertenze, srdeční selhání, cévní mozková příhoda, tromboembolická nemoc), metabolických (např. diabetes mellitus II), některých nádorových (např. kolorektální karcinom) a onemocnění pohybového aparátu (např. artróza nosných kloubů). Obezita rovněž významně zvyšuje riziko respiračních a gastrointestinálních nemocí (např. nealkoholického tukového postižení jater a dalších chorob). Může být provázena řadou psychických a psychosociálních problémů. Studie realizovaná v roce 2005 společností STEM/MARK, jejímž iniciátorem byla Česká obezitologická společnost ČLS JEP ve spolupráci s Národní radou pro obezitu potvrdila, jak významně nejenom obezita (BMI nad 30), ale i nadváha (BMI 25-30) ovlivňuje výskyt zdravotních komplikací. Nadváha zvyšuje riziko zvýšeného krevního tlaku a nemocí srdce a cév více než třikrát, cukrovky dvaapůlkrát, dny a onemocnění kloubů a páteře dvakrát. U obezity je riziko ještě vyšší, v případě cukrovky sedmkrát, zvýšeného krevního tlaku více než pětikrát, nemocí srdce a cév pětikrát. (Puklová, 2018)

Obezita, zejména centrální obezita, ovlivňuje metabolismus krevních lipidů a zhoršuje inzulinovou rezistenci u pacientů s diabetem a abnormální lipidový metabolismus je důležitým rizikovým faktorem pro komplikace diabetu. Při centrální obezitě se tuk obvykle hromadí v játrech. Usazování jaterního tuku a vysoká hladina cukru v krvi mají toxické účinky na jaterní buňky (Chen, Wang, Cui, Xu & Zheng, 2021).

Díky vysoké míře obézních lidí se o obezitu začali více zajímat odborníci z řad obezitologů, kardiologů a diabetologů. Obezita postihuje téměř všechny skupiny obyvatelstva a svými komplikacemi, především metabolickými a srdečně-cévními, ohrožuje život zejména mladých lidí. Je zapotřebí neustále přesvědčovat veřejnost o tom, že obezita není jen kosmetická záležitost, či selhání jedince, ale komplexní nemoc, při jejímž postupu hraje zásadní roli genetická predispozice, ale také vlivy současného obezitogenního prostředí.

### **Klíčová fakta obezity**

- Celosvětová obezita se od roku 1975 téměř ztrojnásobila.
- V roce 2016 mělo nadváhu více než 1,9 miliardy dospělých ve věku 18 let a starších. Z toho více než 650 milionů bylo obézních.
- V roce 2016 mělo 39% dospělých ve věku 18 let a více nadváhu a 13% bylo obézních.
- Většina světové populace žije v zemích, kde nadváha a obezita zabíjí více lidí než podváha.
- V roce 2020 mělo 39 milionů dětí mladších 5 let nadváhu nebo obezitu.
- Více než 340 milionů dětí a mladistvých ve věku 5–19 let mělo v roce 2016 nadváhu nebo obezitu.
- Obezitě lze předcházet. (WHO, 2021)

#### **2.1.1 Hodnocení nadváhy a obezity u dospělé populace**

K hodnocení nadváhy a obezity se dnes používá Body Mass Index (dále jen BMI, někdy také označován jako tzv. Queteletův index), který je podílem hmotnosti v kilogramech k druhé mocnině výšky jedince v metrech (jednotkou je tedy  $\text{kg/m}^2$ ). Pro evropskou populaci se za fyziologické rozmezí BMI považuje 20-25  $\text{kg/m}^2$ . BMI v dospělosti je nezávislý na věku a rozmezení v následující tabulce platí pro muže i ženy. Je důležité zdůraznit, že zdravotní rizika vyplývající z vyššího BMI se nezvyšují skokově, ale tato rizika jsou přímo úměrná hodnotě BMI. Má-li tedy jedinec BMI 29,5  $\text{kg/m}^2$  a před šesti měsíci měl 30,5  $\text{kg/m}^2$

jeho riziko rozvoje přidružených nemocí je stále velmi vysoké, i když už se pohybuje „jen“ v pásmu nadváhy. (Vítek, 2008)

KLASIFIKACE	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Podváha	<18,50
Těžká podváha	<16,00
Středně těžká podváha	16,00-16,99
Mírná podváha	17,00-18,49
<b>FYZIOLOGICKÉ ROZMEZÍ</b>	<b>18,50-24,99</b>
Nadváha	25,00-29,99
Obezita	≥30,00
Obezita 1. Stupně	30,00-34,99
Obezita 2. Stupně	35,00-39,99
Obezita 3. stupně	≥40,00

Tabulka č. 1 *Mezinárodní klasifikace nadváhy a obezity podle BMI* (Vítek, 2008)

BMI snadno spočítáme jako váhu (kg) děleno druhou mocninou výšky (m).

Příklad:

$$\text{BMI} = 70 \text{ (kg)} / 1,75^2 \text{ (m}^2\text{)} = 22,9 \text{ kg/m}^2$$

Světová zdravotnická organizace také doporučuje jednotlivé kategorie dělit na podskupiny, podle následujících hodnot BMI: 23; 27,5; 32,5; a 37,5 kg/m<sup>2</sup>.

Obecně platí, že čím je BMI vyšší, tím je životní prognóza horší. To nedávno ukázaly studie na stovkách tisíc Američanů. Čím je BMI vyšší, tím je úmrtnost vyšší. Například při BMI 40 je úmrtnost asi 1,5 až 1,7 krát vyšší. (Svačina & Bretšnajdrová, 2008) Existují však některé podskupiny, pro které BMI není vhodné, například těhotné ženy, starší osoby, malé děti, svalovci a zejména atleti na dlouhé vzdálenosti. Důvodem je to, že BMI nepočítá váhu jako sval nebo tuk. Nedávné údaje navíc také ukazují, že BMI nebere v úvahu různé druhy tuků, z nichž každý může mít různé metabolické účinky na zdraví. Připouští se, že viscerální tuk, který se vyvíjí hluboko mezi svaly a kolem orgánů, jako jsou játra, je škodlivější než podkožní tuk. Tuková tkáň je primárním místem přebytku energie a je také endokrinním orgánem. Tkáňová polévka vylučuje určité hormony a další látky; hraje důležitou roli v energetické rovnováze, regulaci imunity, apetitu a mnoho dalšího. Některé mediátory zánětu

jsou vylučovány z tukové tkáně a tyto mediátory hrají důležitou roli v rozvoji kardiovaskulárního onemocnění, inzulinové rezistence a mnoho dalších zánětlivých onemocnění. Normální nebo dokonce podvyživení lidé mohou mít vysoký obsah viscerálního tuku. Ačkoli jejich BMI může být považováno za zdravé, mohou být ve skutečnosti vystaveni vyššímu riziku vzniku zdravotních problémů. (Dilektasli & Demir, 2021)

Podle Neovius, Udden & Hemmingsson, (2007) je BMI je jednoduchá a levná metoda nepřímého hodnocení tučnosti, ale nedokáže rozlišit tukovou hmotnost od beztukové hmotnosti, ani informovat o rozložení tuku. V klinických programech léčby obezity je důležité mít podrobné měření tělesného složení, zejména při hodnocení změn. Příklady referenčních metod zahrnují duální rentgenovou absorpciometrii (DXA), výpočetní tomografii a magnetickou rezonanci. Tyto technologie jsou přesné, ale také drahé a způsobují ozáření. Existují i levnější metody bez radiace. Příkladem je bioelektrická impedance (BIA), která je široce používána v klinickém prostředí.

Klasifikace	Kategorie BMI(kg/m <sup>2</sup> )	Riziko rozvoje zdravotních problémů
Podvýživa	<18.5	Zvýšené
Normální váha	18.5–24.9	Nejmenší
Nadváha	25.0–29.9	Zvýšené
Obezita 1. stupně	30.0–34.9	Vysoké
Obezita 2. stupně	35.0–39.9	Velmi vysoké
Obezita 3. stupně	≥40.0	Extrémně vysoké

Obrázek 1. Klasifikace zdravotních rizik podle BMI. (Dilektasli & Demir, 2021)

Další možností, jak měřit obezitu je **poměr obvodu ku obvodu boků** (označován také jako WHR, z anglického waist-to-hip ratio), který zohledňuje vliv distribuce tukové tkáně – je totiž známo, že abdominální typ obezity je podstatně rizikovější, než typ gluteofemorální s maximem ukládání tuků v oblasti boků. Z těchto důvodů mají muži tento poměr vyšší než ženy a pro každé pohlaví existují odlišné „fyziologické“ hodnoty. Klinické studie opravdu prokázaly mnohem těsnější vztah mezi WHR a rizikem cukrovky a nemocemi srdce, než pokud byl použit jako marker obezity BMI.

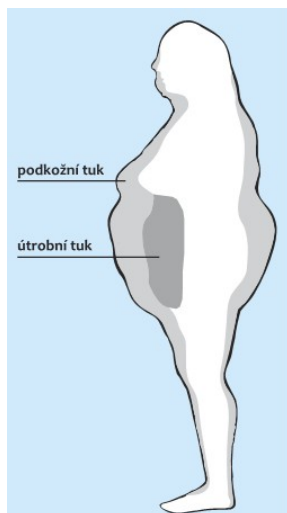
	WHR
MUŽI	<0,95
ŽENY	<0,85

Tabulka č. 2 *Obezita podle WHR* (Vítek, 2008, 14)

### **Abdominální typ obezity (obezita jablkového tvaru)**

Podle Mastné (1999) se abdominální tuk centralizuje do oblasti břicha a horní poloviny těla, kde obaluje vnitřní orgány a omezuje tak jejich správné fungování. Tento typ obezity bývá častější u mužů, než u žen.

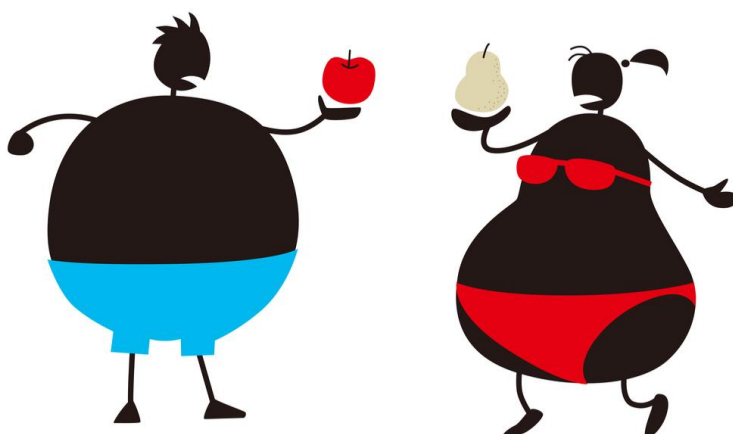
Abdominální (břišní) tuk dále dělíme na tuk viscerální (útrobní) a subkutánní (podkožní). Jejich vzájemný poměr je nesmírně důležitý pro posouzení rizika kardiovaskulárních a dalších nemocí, zejména diabetu a poruch metabolismu tuků. Tímto faktem se dá vysvětlit zkušenost, kdy někteří jedinci, kteří mají BMI v normálním rozmezí, ale většina tuku se nachází v oblasti útrobní, jsou podstatně více ohroženi rozvojem těchto nemocí ve srovnání s lidmi s vyšším BMI, ale příznivější distribuci tukové tkáně v těle. (Vítek, 2008). Peréz et al., (2007) vnímá viscerální tuk jako lepší indikátor poruch spojených s obezitou než množství celkového tuku.



Obrázek 2. *Podkožní a nitrobřišní tuk* (Svačina, 2008)

### Gluteofemorální typ obezity (obezita hruškovitého tvaru)

Tento typ obezity je charakterističtější pro ženy, než pro muže. Tělesný tuk se soustřeďuje do dolní poloviny těla, od pasu dolů, především na hýždě, stehna či v rozsahu celých dolních končetin. Riziko vzniku kardiovaskulárních a metabolických onemocnění je značně nižší, než u abdominálního typu. (Mastná, 1999)



Obrázek 3. Abdominální (vlevo) a gluteofemorální (vpravo) typ obezity. (Vím, co jím, 2018)

„Obvod pasu je jedním z dalších opatření ke klasifikaci tělesné hmotnosti a k měření potenciálně škodlivého přírůstku hmotnosti a ukládání tuků. Používá se zejména pro hodnocení břišního tuku.“ (Dilektasli & Demir, 2021) Měření obvodu pasu nám pomáhá odhalit také riziko kardiovaskulárních a metabolických onemocnění. U žen je přiměřené riziko obvodu pasu pod 80 cm a u mužů pod 94 cm. Naopak zvýšené riziko u žen je obvod pasu nad 88 cm a u mužů nad 102 cm.“ (Fořt, 2004)

Obvod pasu	Zvýšené riziko	Vysoké riziko
<b>Muži</b>	Nad 94 cm	Nad 102 cm
<b>Ženy</b>	Nad 80cm	Nad 88 cm

Tabulka č. 3 Obvod pasu a souvislost s metabolickými a kardiovaskulárními komplikacemi obezity (Fořt, 2004)

Veškeré kritéria platí pouze pro evropskou populaci. Asiaté mají vzhledem ke své konstituci měřítka přísnější.

V praxi se nepříliš často můžeme také setkat s metodou stanovení poměru obvodu pasu k výšce jedince. Podle některých německých autorů je tento index o mnoho lepším parametrem z hlediska určení rizika vzniku cukrovky, metabolického syndromu, hypertenze, apod. Není vyloučeno, že s tímto parametrem se budeme v blízké budoucnosti setkávat stále častěji.

**Brocův index** byl v minulosti další metodou pro hodnocení nadváhy či obezity. Tento index byl poměrem hmotnosti v kilogramech k výšce v metrech. Tento výpočet je vhodnější více pro muže, než pro ženy kvůli větší mohutnosti kostry muže. Ženy jsou drobnější a stačí jim 90-95% tohoto kritéria. (Mastná, 1999)

K posouzení stavu výživy je možné také antropometrické měření sestávající se z měření tloušťky podkožní tukové vrstvy takzvaným kaliperem na několika předem stanovených místech a vypočtením předpokládaného procenta tukové tkáně. Čelisti kaliperu jsou v okamžiku měření stlačovány stanovenou silou. Standardní měření kožních řas vyžaduje velmi pečlivý zácvik postupu s přesností odečtu 0,5 mm. Řada autorů uvádí, že měření podkožního tuku pomocí kaliperu je přesnější, než měření jinými metodami. (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006)

Riegerová (2006) ve své knize publikuje metodu, se kterou přišli autoři Heathová a Carter v roce 1967 a která je dnes celosvětově rozšířena. Autoři definují jednotlivé komponenty somatotypu následovně:

**Endomorfie:** se vztahuje k relativní tloušťce či relativní hubenosti jednotlivých osob. Endomorfie tedy hodnotí množství podkožního tuku a leží na kontinuu od nejnižších hodnot k nejvyšším.

**Mezomorfie:** se vztahuje k relativnímu svalově kosternímu rozvoji ve vztahu k tělesné výšce. Oceňuje jej a leží na kontinuu od nejnižších hodnot k nejvyšším. Mezomorfie může být považována za hubenou tělesnou hmotu ve vztahu k tělesné výšce, skládající se z muskuloskeletálního systému, měkkých orgánů a tělesných tekutin.

**Ektomorfie:** se vztahuje k relativní délce částí těla. Stanovení této komponenty je založeno především na indexu podílu výšky ke třetí odmocnině z hmotnosti.



Vítek (2008) definuje somatotyp jako „kvantitativní popis stavby a kompozice lidského těla.“ Každý jedinec má určitou typologii, hovoříme o třech základních somatotypech:

- endomorf (obézní)
- mezomorf (svalnatý, atletický)
- ektomorf (hubený)

Všechny tři somatotypy se u každého člověka do určité míry kombinují a jejich rozložení lze určit z takzvaného somatografu. Za nebezpečný z hlediska obezity se považuje endomorf, jež má vysoký sklon k nadváze a obtížně se zbavuje tuku. Endomorf má tudíž velké riziko vzniku obezity, diabetu a kardiovaskulárních chorob. Vyšetření zaměřená na určení somatotypu se provádí ve specializovaných poradnách.

Zastoupení tělesného tuku měří také **bioimpedanční přístroje**. Ty pracují na multifrekvenčním vícesektorovém principu a jsou schopny poměrně přesně stanovit parametry složení lidského těla, samozřejmě včetně určení procenta tělesného tuku. Jedinou nevýhodou bioimpedančních přístrojů je vysoká pořizovací cena, která brání jejich většímu využití v praxi.

V současnosti existují i další způsoby (ultrasonografie, počítačová tomografie, nukleární magnetická rezonance, měření abdominálního sagitálního průměru, atd.). Tyto metody však nejsou pro populaci dostupné, bývají vyhrazeny jen pro úzké skupiny pacientů a pro výzkumné účely.

### **2.1.2 Rizikové faktory pro obezitu (neovlivnitelné)**

• **Geny** - Často slycháváme od obézních lidí, že jejich obezita je podmíněna geneticky a omlouvají si to tedy tím, že za ni vlastně nemohou a zdědili ji. Tuto hypotézu vyvrací Vítek (2008), který uvádí, že „Ačkoliv existuje celá řada genů, jejichž varianty vedou k vyššímu riziku obezity, většina odborníků zastává názor, že za obezitu v současném měřítku může zevní prostředí (vysoký příjem kalorií spolu s nízkým výdejem energie). Geny se spolupodílejí na epidemickém rozmachu obezity jen asi z jednoho procenta.“ Důvodů pro toto stanovisko mají odborníci několik:

- počet obézních lidí dramaticky stoupl za méně než jednu generaci, za tak krátkou dobu není možné, aby došlo k tak masivní manifestaci obezity, pokud by byla způsobena jasným genetickým podkladem,

- výskyt obezity roste v geneticky stabilních populacích, kde nedochází k rozměňování původního genetického fondu,
- nárůst obezity souvisí významně se socioekonomickým stavem populace, chudší lidé jsou zvýšeně ohroženi rozvojem nadváhy.

Poslední zpráva mezinárodní pracovní skupiny zabývající se genetickým pozadím obezity, která byla publikována v roce 2006 na 120 stránkách časopisu *Obesity*, uvádí, že existuje alespoň 250 kandidátních genů, které se na rozvoji obezity spolupodílejí. Jako příklad geneticky podmíněné obezity je možné uvést takzvanou deficienci (nedostatek) leptinu, hormonu tukové tkáně regulujícího metabolismus tuků. Dalším známým onemocněním vedoucím k obezitě je snížená funkce štítné žlázy nebo nedostatek růstového hormonu. Tyto nemoci však nemusí být jen geneticky podmíněné.

Na druhou stranu sklon k přibírání na váze má i své genetické opodstatnění. Z vlastní zkušenosti známe jedince, kteří mohou jíst takřka vše, aniž by se to projevilo na jejich váze a pak známe také jedince, kteří přiberou, jak se říká „jen při pomyslení na jídlo“. Bylo prokázáno, že distribuce tukové tkáně je do značné míry geneticky podmíněna. Například je odhadováno, že ukládání abdominálního tuku (podkožního i nitroútrobního) je ovlivňováno ze zhruba 30-50% genetickou výbavou každého jedince. Vítek (2008) také uvádí některé z posledních objevů v oblasti obezity, a to variantu genu objevenou v roce 2007, jejíž přítomnost zvyšuje riziko obezity o celých 67 %. Tento gen byl nalezen ve studii provedené na obrovském počtu 40 000 jedinců. Z tohoto souboru mělo 16% ve své výbavě dvě kopie specifické varianty tohoto genu a tito jedinci byli v průměru o 3,3 kg těžší, než jedinci bez této varianty. Tento náález by mohl objasnit, proč jedinci, kteří jedí stejně jako jiní, tloustnou více. Podobná zjištění by nás neměla vést k závěrům, že nemůžeme za to, že jsme obézní – postačí se více hýbat a jíst méně, či zdravěji.

- **Dětství** - Dětská obezita je spojena se zvýšeným rizikem obezity dospělých a souvisejících chronických onemocnění. Expozice modifikovatelným faktorům podle věku 2 let je spojena s obezitou ve věku 4,5 roku. Intervence k prevenci dětské obezity musí být účinné během kojeneckého věku. Obezita v raném dětství je celosvětově rozšířená, v roce 2016 bylo podle odhadů 41 milionů dětí mladších 5 let s nadváhou nebo obezitou. Obezita v raném dětství má nepříznivý dopad na tuto kritickou vývojovou fázi a je spojena se zvýšeným rizikem následných zdravotních problémů, včetně diabetu, hypertenze, dyslipidie, kardiovaskulárních onemocnění, deprese a obezity v dospělosti. Proto je nezbytné identifikovat rizikové faktory

dětské obezity co nejdříve v životě, aby se v této kritické fázi vyvinuly účinné preventivní zásahy. V současných studiích dětské kohorty byly identifikovány časné rizikové faktory dětské obezity. Z toho genetické faktory, socioekonomické postavení matky, těhotenské BMI, gestační přírůstek na váze, gestační věk, porodní hmotnost a vzorce přírůstku na váze od dětství byly založeny tak, aby měly nezávislé asociace s pravděpodobností, že budou obézní v pozdějším dětství. (Malihy et al., 2021)

- **Pohlaví** - Distribuce tuku v těle je ovlivněna také pohlavím. Ženy mají gynoidní distribuci tukové tkáně s maximem v oblasti boků, zatímco muži mají androidní typ distribuce tuků a mají podstatně vyšší zastoupení nebezpečnějšího nitroútrobního tuku. Tuková tkáň u mužů a žen se také liší svou metabolickou aktivitou, schopností lipolýzy (štěpení tuků) a výbavou hormonálními receptory, ale i vlastní hormonální aktivitou. (Vítek, 2008)

Příčiny a důsledky obezity v dospívání se však mezi pohlavími liší v důsledku biologických rozdílů a rozdílů v chování. Proto je potřeba jasněji se zaměřit na rozdíly mezi pohlavími v oblasti obezity dospívajících. Dospívající dívky mohou s větší pravděpodobností změnit svůj jídelníček, aby získaly kontrolu nad váhou, než chlapci. Chlapci mají po pubertě nevýhodnější rozložení tuku (viz. Výše) a nezdravý životní styl by mohl mít větší dopad na budoucí riziko obezity u chlapců. Existuje však jen malé množství studií, které by zkoumaly rozdíly v riziku obezity u mužů a žen. (Barstad et al., 2018)

- **Věk** - Věk je silně spojen s výskytem obezity. V mnoha studiích byl hlášen nárůst výskytu obezity s věkem. Ve studii, kterou publikoval Wang et al. (2021) byla nejvyšší obezita u žen ve věku 55-64 lety (28,0% u celkové obezity, 73,4% u obezity břicha) a u mužů ve věku 45-54 let (34,7% u obezity břicha). Tento vzorec pozorovaný na základě obezity a věku lze částečně vysvětlit poklesem úrovně fyzické aktivity s věkem. Kromě toho jsou ženy také náchylné k nárůstu tělesné hmotnosti během menopauzy, protože ztráta menstruačního cyklu může ovlivnit příjem kalorií a mírně snížit metabolickou spotřebu.

- **Virová infekce** - Jsou známy dva druhy virů, které mohou vést ke vzniku obezity u člověka. Oba viry patří do skupiny takzvaných adenovirů. Bylo již prokázáno, že jedinci, kteří mají protilátky proti nejznámějšímu z těchto virů, denoviru 36, mají významně vyšší body mass index, ve srovnání s jedinci bez těchto protilátek. Tyto protilátky se vyskytují u více než 30% obézních jedinců, ale jen u 11% lidí s normálním BMI. Vědci ovšem odhalili sedm různých druhů viru způsobujících obezitu u experimentálních zvířat. (Vítek, 2008)

- **Mozková činnost** - Neuroendokrinní mozková činnost ovlivňuje chuť k jídlu a tím i příjem potravy. Chuť k jídlu je ovlivňována signály ze zažívacího traktu, slinivky břišní a tukové tkáně, které se sbíhají ve specializovaných oblastech centrálního nervového systému. Přestože o roli mozku v regulaci příjmu potravy víme hodně, stále spousta informací k porozumění některých patologických jevů schází. Je známo, že centrem těchto činností je hypotalamus, ale existují i jiné části mozku regulující příjem potravy.

Od začátku 20. Století bylo zjištěno, že lidé, jež podstoupili frontální leukotomii, operaci mozku, při které se oddělí nervová vlákna spojující čelní lalok s ostatními částmi mozku, velmi často prudce nabývají na váze v důsledku výrazného přejídání. Poškození pravé části čelního mozku je spojováno s takzvaným gurmánským syndromem, při kterém postižení jedinci preferují vybrané pokrmy, kterými se přejídají. Dalším příkladem mozkové nemoci spojené s přejídáním a postižením pravé části frontálního laloku v mozku je určitá forma demence postihující tuto část mozku, nebo Kleine-Levinův syndrom charakterizovaný narkolepsií s chorobným přejídáním. Podle vědců je hlavní problém obezity skryt v této části mozku, který bývá patologicky změněna i u pacientů s anorexií, která ovlivňuje a sama je ovlivňována dlouhodobou pohybovou aktivitou, stejně tak jako stavem naší tělesné schránky. Přibývají také informace o tom, že chronický stres, který bývá „léčen“ přejídáním a nadměrným požíváním alkoholu, může výrazně ovlivňovat tyto části mozkové kůry a stimulovat tak k těmto nezdravým návykům. (Vítek, 2008)

- **Nadváha rodičů** - Děti obézních rodičů mají podstatně vyšší riziko obezity než děti štíhlých rodičů. O takové pozitivní souvislosti mezi obezitou a prenatalními faktory, či postnatalními faktory existuje intenzivní literatura.

- **Porodní váha** - V souvislosti s porodní hmotností a nadváhou/obezitou dítěte existují genderové rozdíly. Vysoká porodní váha byla spojena s vyšším rizikem dětské nadváhy/obezity u chlapců a dívek před a po úpravě o socio-demografické faktory. Nízká porodní váha však byla spojena s nižším rizikem dětské nadváhy/obezity u dívek, ale ne u chlapců. Tyto genderové rozdíly je třeba vzít v úvahu při plánování intervencí ke snížení nadváhy/obezity. (Oldroyd, Renzaho & Skouteris, 2011)

- **Kojení** - Kojení zamezuje rozvoji obezity v dospělosti, stejně tak jako cukrovky.

- **Příjem domácnosti** - Výskyt obezity je vyšší u žen žijících v chudobě. Chudoba souvisí s podvýživou a podvýživa matky během těhotenství a dítěte během svého dětství je rizikovým

faktorem pro vznik obezity v dospělosti. Důvodem jsou metabolické změny, které vedou k přednostnímu ukládání energie ve formě tukové tkáně. U mužů je tomu přesně naopak. S rostoucím blahobytem stoupá riziko obezity. Bylo prokázáno, že chudé domácnosti mají mnohem nižší příjem ovoce a zeleniny, vlákniny i komplexních sacharidů. Na straně druhé mají mnohem vyšší příjem tuků a jednoduchých cukrů, což souvisí s cenami těchto energeticky vysoce denních potravin. (Vítek, 2008)

- **Vzdělání** - Dosažení vyššího vzdělání může umožnit jednotlivcům s vyšším genetickým rizikem překonání vrozené náchylnosti k obezitě. I když je obezita ovlivněna z malé části genetickým rizikem, je také silně ovlivněna modifikovatelnými rizikovými faktory. Vzdělávání hraje hlavní roli při určování přístupu k individuálnímu pohledu na životní styl (preferování zdravých potravin, pohybová aktivita atd. (Liu et al, 2015) Je také obecně známo, že lidé s vyšším vzděláním mají větší zájem o své zdraví, jídelníček a celkový životní styl.

Některé z těchto nemodifikovatelných faktorů však mohou být modifikovatelné zavedením vhodných politik.

### **2.1.3 Rizikové faktory pro obezitu (ovlivnitelné)**

- **Výživa** - Výživa je na prvním místě, mezi rizikovými faktory pro nadváhu a obezitu, které můžeme ovlivnit. Lékařské průzkumy ukazují, že většina dospělé populace se snaží pomocí určitých dietních opatření zhubnout nebo alespoň udržet svou hmotnost, epidemiologické údaje z posledních několika desetiletí nás však utvrzují, že naše snahy jsou doposud absolutně neúčinné. Obezita je podmíněna nerovnováhou mezi příjmem a výdejem energie. Je však nutné zdůraznit ještě další důležitý fakt, který je zanedbávám, ve většině komerčně dostupných diet. Jde o to, že to není jen příjem energie, ale současně i skladba stravy, která je nesmírně užitečná pro snížení rizik vzniku nemocí sdužených s obezitou. Z tohoto důvodu je důležité se podívat na jednotlivé složky naší stravy trochu detailněji nejen z hlediska popisného, ale i z hlediska jejich významu, fyziologie a toho, jak s těmito živinami organismus hospodaří. (Vítek, 2008)

- **Nedostatek spánku** - Pozorovací a experimentální studie naznačily, že krátká doba spánku a omezení spánku nepříznivě ovlivňují vybrané funkce endokrinního systému a vedou ke změnám hladin hormonu stimulujícího chuť k jídlu ghrelin a anorexogenního hormonu leptinu. Zvýšená motivace k jídlu spolu s prodloužením času, který je k dispozici ke konzumaci jídla spojený s krátkou dobou spánku, mohou zvýšit riziko přibírání na váze.

Experimentální studie nedávno naznačily, že omezení spánku je spojeno s ranním přejídáním způsobeným jak homeostatickými, tak hedonickými faktory a že posiluje reakci mozku na potravinové podněty. (Kjeldsen, Hjorth & Andersen, 2014)

- **Stres** - Psychosociální stres vede ke zvýšenému uvolňování glukokortikoidů, hormonů kůry nadledvin, což je faktor spolupodílející se na riziku vzniku cukrovky a metabolického syndromu. Existuje také vztah mezi délkou pracovní doby a rizikem obezity, částečně vlivem stresu, částečně možná také proto, že tito lidé nemají dostatek času na zdravý spánek. (Vítek, 2008)

Autorky Sinha & Jastreboff (2013) spojují stres s obezitou a poukazují na to, že neurobiologie stresu se významně překrývá s chutí k jídlu a regulací energie. Vysoká úroveň stresu podle nich mění stravovací návyky a zvyšuje spotřebu vysoce chutných potravin, což zase zvyšuje alostatickou zátěž.

- **Trávení volného času** - Existuje vztah mezi dobou strávenou u televize a obezitou. Není to jen televize, ale také tablety, mobilní telefony, počítače a velmi rozšířené Play Stationy. Výrazně vyšší riziko rozvoje obezity hrozí podle jedné studie dětem, které mají ve svém pokoji vlastní televizi. Takové děti se dívají v průměru o pět hodin týdně více na televizi ve srovnání s vrstevníky, kteří tuto možnost nemají. Televize je kromě toho, že brání pohybovým aktivitám, o to nebezpečnější, že člověka vystavuje všudypřítomným reklamám na (většinou) nezdravé potraviny, sladkosti a nápoje. Je jednoznačný vztah mezi reklamami na potraviny a preferencemi dětí k jednotlivým potravinám. I proto požaduje americká odborná společnost American Psychological Association zakázat jakoukoliv reklamu v pořadech určených dětem mladších osmi let. Obdobné opatření již platí ve Švédsku, kde tyto reklamy jsou zakázány pro děti až do dvanácti let. Podobné zákazy zavedly i jiné země, jako Norsko, Dánsko, Irsko, nebo Rakousko. V tomhle ohledu je zajímavé, že severské země mají nejnižší výskyt obezity v celé Evropě, zatímco jižní státy Evropy jsou na tom s výskytem obezity nejhůře.

Existuje celá řada potencionálních faktorů ovlivňujících riziko nadváhy a obezity. Je to například časté stravování v restauracích, kde je velikost porcí obecně větší, než jsou velikosti porcí, které se připravujeme sami. Množství kalorií v hlavních jídlech nabízených v restauracích je až o 100% vyšší, než je doporučený energetický obsah. To je problém zejména u pracující populace, která nemá možnost závodního stravování a stravuje se buď ve zmíněných restauracích, či fastfoodech. (Vítek, 2008)

## Netradiční faktory

- **Hospodářský a sociální rozvoj** - Hospodářský a sociální rozvoj a urbanizace obytných oblastí přinesly pozitivní účinky v moderní společnosti, jako je pohodlný život a blahobyt, ale existují i škodlivé výsledky. Doprovodné negativní účinky zahrnují sníženou fyzickou aktivitu, zvýšené znečištění životního prostředí, složité okolí a zvýšený stres. Vzhledem k tomu, že studie naznačují, že nové environmentální faktory v moderní společnosti mohly způsobit nedávný nárůst obezity, jsou tyto studie a jejich důkazy přezkoumány. (Han & Lee, 2021)
- **Úbytek zelených ploch** - Urbanizace obytného prostředí snižuje pravděpodobnost kontaktu člověka se zelenými plochami a studie prokázaly, že přítomnost zelených ploch v okolí obytných oblastí má pozitivní vliv na snížení obezity. V tomto ohledu expozice zeleným plochám v okolí obytných oblastí (přístupnost a dostupnost oblastí s vegetací, jako jsou parky, zahrady a lesy) přitahuje v posledních letech více pozornosti. Život v blízkosti zelené plochy zvyšuje příležitosti a motivace k životnímu prostoru. (Han & Lee, 2021)
- **Cirkadiánní hodiny a umělé osvětlení** - Téměř všechny živé organismy mají samoregulační transkripčně-translační zpětnovazební smyčku, která generuje oscilace během přibližně 24 hodin. Tento endogenní časový mechanismus se nazývá cirkadiánní hodiny. Cirkadiánní hodiny řídí mnoho aspektů fyziologie organismu a jsou ovlivňovány vnějšími podněty, jako je světlo, jídlo a teplota. Hlavní funkcí cirkadiánních hodin/rytmu je udržovat homeostázu zajištěním adaptivní fyziologické reakce na měnící se prostředí. Například exprese genů, transkripční faktory, signální dráhy, sekrece hormonů, energetický metabolismus, růst a chování jsou rytmicky regulovány cirkadiánním systémem. Proto porucha cirkadiánního rytmu má dlouhodobý vliv na zdraví a může být spojena s rozvojem obezity ve vztahu k metabolismu lipidů. Podle Kuehna (2017) mohou spánkové návyky, stravovací návyky a dieta člověka desynchronizovat tělesné hodiny a přispívat k metabolickým problémům, jako je obezita či diabetes. Nedávno bylo navrženo umělé světlo v noci (ALAN) jako environmentální faktor, který vyvolává obezitu. Vynález elektrické energie umožnil činnosti bez rozdílu mezi dnem a nocí, což vedlo k pozitivním účinkům, jako je pohodlný život a sociální a hospodářský rozvoj. Způsobil však také expozici síti ALAN, jako je vnitřní osvětlení, silniční osvětlení, obchodní značky, televizní obrazovky a zařízení pro chytré telefony a tablety používané před spaním nebo během spánku. Protože se u většiny organismů vyvinul endogenní cirkadiánní rytmus, který je synchronizován s denním cyklem

světla a tmy, může expozice ALAN narušit cirkadiánní rytmus a změnit sekreční vzorec různých hormonů, což vede k metabolickým onemocněním, včetně obezity. Analýza využívající satelitních snímků nočního osvětlení v kombinaci s údaji na úrovni jednotlivých zemí o prevalenci nadváhy a obezity ukázala, že ALAN je významným faktorem přispívajícím k nadměrné tělesné hmotnosti. (Han & Lee, 2021)

#### 2.1.4 Důsledky obezity a nadváhy

Obezita představuje rizikový faktor pro velké množství nemocí. V následující tabulce se seznámíme s nejčastějšími onemocněními, která jdou ruku v ruce s obezitou a nadváhou. K hodnocení zdravotních důsledků obezity se používají **ztracené roky života** (years-of-life-lost – YLL). Ztracené roky života jsou rozdíl mezi očekávanou délkou života u osob v různých kategoriích BMI. Známe jsou výsledky Framinghamské studie, v níž bylo zjištěno, že obézní muži nekuřáci mají o 5,8 roku kratší životní prognózu, a obézní ženy nekuřačky o 7,1 roku kratší životní prognózu než nekuřáci s normální hmotností.

<b>Kardiovaskulární onemocnění</b>	Ischemická choroba srdeční (srdeční infarkty, selhávání srdce)
	Poruchy srdečního rytmu (fibrilace síní)
	Nemoci cév zásobující mozek (mozkové infarkty)
	Arteriální hypertenze
<b>Poruchy metabolismu</b>	Krevních tuků (hypercholesterolemie, hypertriglyceridemie, nízký HDL cholesterol)
	Sacharidů (cukrovka 2. Typu)
	Kyseliny močové (hyperurikemie)
	Metabolický syndrom (komplexní porucha metabolismu)
<b>Nádorová onemocnění</b>	Tlustého střeva, jícnu, prostaty, jater, dělohy, prsu, ledvin, žlučníku a lymfatických uzlin
<b>Nemoci zažívacího traktu</b>	Refluxní nemoc žaludku a jícnu
	Nemoci žlučníku (žlučové kameny, žlučové koliky)



	Nemoci jater (steatóza – ztukovatění jater)
<b>Nemoci ledvin</b>	Chronické selhání ledvin, i v důsledku arteriální hypertenze a cukrovky při obezitě
<b>Nemoci kostí, kloubů a pohybového aparátu</b>	Artróza nosných kloubů
	Bolesti zad
	Ploché nohy
<b>Psychosociální problémy</b>	Osamělost, problémy při hledání partnera
<b>Psychiatrické nemoci</b>	Deprese a úzkostné poruchy
<b>Demence</b>	Alzheimerova nemoc
<b>Poruchy dýchacího systému</b>	Syndrom spánkové apnoe, astma
<b>Poruchy regulace pohlavních hormonů</b>	Nepłodnost, syndrom polycystických vaječnicků
<b>Problémy v těhotenství</b>	Riziko poporodního krvácení, předčasného porodu, vzniku cukrovky během těhotenství

Tabulka č. 4 Nemoci doprovázející obezitu a nadváhu. (Vítek, 2008)

Kardiovaskulární nemoci jsou nejčastější příčinou úmrtí v České republice (a v celém západním světě). Odhaduje se, že ve Spojených státech má až 25% populace nějakou formu kardiovaskulárního onemocnění. Toto procento je podstatně vyšší, pokud vyjmeme z této statistiky mladé jedince. Riziko kardiovaskulárních nemocí plynule stoupá se zvyšujícím se BMI, a to již od hodnoty 21 kg/m<sup>2</sup>. Toto riziko bylo vyčísleno na 9% za každý bod body mass indexu (jedinci, s BMI 23 kg/m<sup>2</sup> mají riziko kardiovaskulárních nemocí o 18% vyšší, než jedinci s BMI 21 kg/m<sup>2</sup>. Pokud bychom vzali v úvahu riziko mozkových mrtvic, toto stoupá o celých 6% za každý bod BMI, přičemž platí, že muži mají riziko postižení mozkových cév vyšší, než ženy.

Odhaduje se, že u více než 75% všech pacientů s vysokým krevním tlakem může za hypertenzi významnou měrou nadváha a obezita. Přitom arteriální hypertenze má jasný vztah k výše popsaným kardiovaskulárním chorobám. V souvislosti s výživou je také nutné dodat, že nejde jen o nadváhu, ale také o špatnou skladbu stravy, která spoluzapříčiňuje vysoký výskyt arteriální hypertenze v populaci. Velmi významným je zejména příjem soli, který ve většině západních zemí překračuje doporučené hodnoty. (Vítek, 2008) „Účinek hypertenze spolu s dalšími škodlivými hemodynamickými účinky na srdce má za následek zvýšení vývoje městnavého srdečního selhání.“ (Pérez, Muñoz, Cortés & Velasco, 2007)

Souvislost s obezitou má také metabolický syndrom, který představuje zastřešující termín pro řadu rizikových faktorů a nemocí, které se často vyskytují společně a vedou k předčasným komplikacím zdravotního stavu obézního pacienta.

**Diagnostika metabolického syndromu nastává při splnění alespoň tří kritérií:**

- Obvod pasu u žen nad 88cm, u mužů nad 102 cm,
- krevní tlak nad 130/85 mm Hg,
- glykémie nad 6,0 mmol/l,
- triglyceridy nad 1,7 mmol/l,
- HDL cholesterol pod 1,25 mmol/l u žen a pod 1,0 mmol/l u mužů.

**Prevence metabolického syndromu:**

- Změna složení stravy s respektováním zásad racionální výživy,
- pravidelnost v jídlu – 5 až 6 menších porcí za den, nevynechávat snídani,
- dodržovat pitný režim,
- snížit příjem tuků pod 30% celkové energetické potřeby na den.
- převaha rostlinných tuků nad živočišnými v poměru 2:1,
- co nejnižší příjem transmastných kyselin,
- sacharidy v množství 50 – 60% celkové energetické potřeby, z toho jednoduché sacharidy do 10%,
- bílkoviny zastoupeny v množství 10 – 15% s rovnoměrným zastoupením z živočišných i rostlinných zdrojů,
- výběr potravin spíše s nižším glykemickým indexem
- pravidelná pohybová aktivita (30 minut denně).

(Kohutová, 2015)

### 2.1.5 Epidemie obezity v České republice

V České republice obdobně jako v dalších zemích dochází ke zvyšování prevalence nadváhy a obezity u dospělých i u dětí. Vzestupný trend je patrný, ale jedná se spíše o přesun z kategorie nadváhy do kategorie obezity a zvyšování prevalence závažnějších stupňů obezity než o celkové navýšení prevalence nadváhy a obezity v posledních dvaceti letech. (Hainer, 2011)

V roce 2018 zveřejnil Český statistický úřad nová data ze zjišťování o životních podmínkách domácností. Tato data nám říkají, že průměrná hodnota BMI indexu tělesné hmotnosti obyvatel České republiky v roce 2017 dosáhla 25,2. To je těsně za horní hranicí normální zdravé váhy. „*Mírnou nadváhou trpí 47% mužů a 33% žen. Obezita se týká bezmála 20% mužů a 18% jejich protějšků.*“ (Český statistický úřad, 2018) Hmotnost souvisí se zdravým pohybem i vyváženou stravou. Vliv na kondici má mimo jiné pracovní fyzická aktivita. Sedavý způsob práce má více než třetina osob ve věku 25-64 let. Z větší části se jedná o ženy. Podíl osob se sedavou aktivitou však roste se vzděláním. Vysokoškoláci mají častěji sedavou práci, ovšem přes týden se více věnují volnočasovým fyzickým aktivitám. Volnočasová fyzická aktivita, jako je sport a fitness, je bližší mužům. Tráví jí průměrně 36 hodiny týdně, zatímco ženy jen 32 hodiny. S přibývajícím věkem vak zájem o pravidelný pohyb slábne. 40% dospělých se pravidelně nevěnuje žádné sportovní ani rekreační pohybové aktivitě. Ženy dbají spíše na stravování než na cvičení. 21,4 % jí ovoce dvakrát i vícekrát týdně. V takové míře si jej dopřává jen 12% mužů. S velkým rozdílem ženy předhánějí muže v konzumaci zeleniny. (Český statistický úřad, 2018)

### 2.1.6 Epidemie obezity v Evropě

Výskyt obezity v Evropě má vzestupný trend. V polovině osmdesátých let mělo index tělesné hmotnosti vyšší než 30,15% mužů a 17% žen. V posledních 10-15 letech došlo v Evropě ke vzestupu prevalence obezity o 30% a obezita se vyskytuje u 4,0% až 28,3% mužů a u 6,2% až 36,5% žen. Problémem srovnávání prevalence v jednotlivých zemích je rozdílná metodika studií nejenom v různých státech, ale i v rámci jednoho státu. Některé ze srovnávaných studií používaly hmotnost a výšku udávanou probandem, což vede v některých případech k významnému podhodnocení prevalence nadváhy a obezity. V jednotlivých evropských zemích je dynamika prevalence obezity odlišná. Zatímco ve Velké Británii došlo v posledních desetiletích k násobnému vzestupu prevalence obezity, v některých zemích, jako je ČR a další země regionu, je prevalence obezity relativně vysoká již léta, a její vzestup v posledních dekadách není tedy tak markantní. Třetí skupinou jsou země, v nichž je

prevalence obezity relativně nízká, ale ke vzestupu rovněž dochází – jejich příkladem je Francie, Švýcarsko, nebo severské státy jako Švédsko a Finsko. Specifickou skupinou zemí jsou země jižní Evropy, jako je Španělsko či Itálie, které jsou charakterizované vysokým výskytem dětské obezity i vyšší prevalencí obezity u dospělých. (Hainer, 2011)

### **2.1.7 Léčba obezity**










V současnosti existuje pět postupů při léčbě obezity, a to dietoterapie, fyzická aktivita, psychoterapie, farmakologickou cestou a chirurgicky. Tyto metody používají lékaři a specializovaní odborníci. Změnit životní styl však dokáže část pacientů i bez jejich pomoci. Zvýšit fyzickou aktivitu a upravit dietu je možné i bez rad lékařů, ale není to jednoduché, a pokud nemá jedinec dostatek zkušeností a znalostí, mohl by také nesprávným nastavením dietního opatření ublížit svému tělu. Má-li se člověk odhodlat ke změně životního stylu, je k tomu třeba silný motiv. Obézní jedinci přicházejí k odborníkům až v momentě, kdy se dostaví některé z uvedených komplikací. Nejčastější motivací obézních pacientů bývá dušnost, bolest kloubů, nízké sebevědomí. Prevence komplikací je však efektivnější a jednodušší, než jejich léčba. Obézní populace mladšího či středního věku bývá často zdatná a obezita mu téměř nevádí. Motivaci je třeba hledat v důvodech kosmetických, partnerských a pracovních vztazích. To je dnes obtížné, jelikož obézních je kolem nás mnoho a obezita v nižším věku nevádí. Klíčovou roli hraje celospolečenská atmosféra. Kouření se v minulosti podařilo omezit zejména díky tomu, že se ve společnosti navodila nekuřácká atmosféra. S obezitou to může být stejné, jakmile bude běžný názor, že normální je být štíhlý a fit. Prvním krokem každého obézního jedince musí být tedy nalezení motivu, proč se se svou obezitou začít zabývat. (Svačina, 2008)

Podle Yang, Huang, Tian, Liu, Sun, Li, Sun, Zhou, Wu, Wei, Chen & Wang, (2018) prevence a léčba obezity v dětství a dospívání je klíčová pro zdravou dospělost. Mezi nákladově nejefektivnější a nejbezpečnější metody prevence a léčby obezity patří vyvážená strava a aerobní pohybové intervence, které byly široce přijaty s cílem snížit hmotnost omezením příjmu energie a zvýšením spotřeby energie.

## Fyzická aktivita v léčbě obezity

Fyzická aktivita celé populace ČR je v průměru nízká, i když vidíme řadu lidí jezdit na kole či běhat, průměrný občan udělá denně jen pár kroků k autu, či veřejnému dopravnímu prostředku a zbytek dne spíše sedí. Fyzické aktivity ubývá i s věkem. To se nepochybně podílí na nemocech středního a vyššího věku, jakými jsou právě obezita a cukrovka 2. typu. Zvýšená fyzická aktivita je v léčbě obezity zásadní. Fyzickou aktivitu si musí člověk nejprve sám změřit a její množství si také ujasnit. Jsou ovšem pacienti, kteří cvičit nemohou (pacienti s artrózami, indikovaní k předoperační redukci před náhradou kyčle či kolene). Je vhodné se poučit o významu pohybu a jeho energetické náročnosti. Zvýšení fyzické aktivity by mělo využít dvou možností – větší intenzity běžné fyzické aktivity i aktivního cvičení. (Svačina, 2008)

Obézní pacient by se měl motivovat k maximu pohybu v běžných činnostech. Místo výtahu a eskalátorů volit chůzi po schodech, omezit jízdu autem, vystoupit z dopravního prostředku o zastávku dříve, aby bylo více prostoru pro fyzickou aktivitu. Pro lepší orientaci je přínosné, když si pacient kalkuluje běžnou fyzickou aktivitu a dává si cíle – například spálit 2 000 či 4 000 kilojoulů týdně. Každá práce či fyzický a sportovní výkon má určitou energetickou hodnotu. Tento výdej energie závisí mimo jiné i na tělesné hmotnosti. Pohyb silnějšího jedince je pochopitelně energeticky náročnější. Orientačně lze odhadnout, že dvakrát těžší jedinec vydává přibližně dvakrát více energie při stejné rychlosti pohybu. Platí však, že obézní obvykle chodí pomaleji, než štíhlejší jedinci. Tabulky výdeje energie při různých sportech a činnostech málokdy uvádějí, pro jak silné jedince jsou určeny, nemohou tedy být univerzální. V kalkulaci energetického výdeje se pacient musí rozhodnout pro jeden ze způsobů vyjadřování – v kilojoulech či kaloriích.

	kJ/min
rychlá chůze 6,5 km/h 	30
běh - jogging 8 km/h 	43
cyklistika 16 km/h 	30
plavání 25 m/min 	28
běh do schodů, sprint 	až 100
běh na lyžích 	55
cyklistika výkonnostní 	až 90
tenis 	40
aerobik 	50

Obrázek č. 4 Výdej energie při různých sportech (Svačina, 2008)

Velmi rychlé aktivity typu sprintu či běhu do schodů nemůže obézní jedinec vykonávat, i kdyby jimi chtěl redukovat svou hmotnost. Tyto aktivity vydrží vykonávat jen několik vteřin, celkový výdej energie je malý a délka odpočinku dlouhá. Rychlé anaerobní aktivity vedou k produkci laktátu neboli mléčnanu ve svalech, který se musí po určitou dobu odstraňovat odpočinkem. Tyto aktivity tedy nemají obvykle žádný význam v redukcí hmotnosti, mohou však mít význam v tvorbě svaloviny. Jako nejvhodnější aktivity pro obézní pacienty se jeví plavání, chůze a cvičení s vlastní vahou. (Svačina, 2008)

### **2.1.8 Dietní opatření v léčbě obezity**

Dietní opatření je v léčbě obezity nejdůležitějším opatřením. Bez konkrétního uvedení potřebných dietních tabulek by pak léčba zůstala pouze na teoretické rovině. Zatím je dietní léčba obézních vždy založena na navození negativní energetické bilance, kdy příjem energie je nižší než její výdej. Je velmi pravděpodobné, že v budoucnu budou více podávána farmaka, která zásadním způsobem zasáhnou do mechanismů výdeje energie a bude možné se zbavit energie přijaté potravou i jinak, než fyzickou aktivitou. Pokud nemocný nedokáže sám plně spolupracovat při dietě, je běžně možné zasáhnout současně s dietou také farmaky – takzvanými anti-obezitiky. (Svačina, 2008)

#### **Zásady redukčních diet**

**1. Pravidelnost v jídle** – jídelníček je rozdělen do 3 – 5, ojedinele do 6 jídel denně podle typu vybrané redukční diety. Jíme po 3 až 4 hodinách, aby přestávky mezi jednotlivými jídly byly dostatečné. Pravidelnost v jídle by neměla být realizována za každou cenu, nemocný by se tedy neměl do jídla nutit. Po určité nepravidelnosti by mělo následovat jídlo obvyklé velikosti. Při zachování svačin, eventuálně druhé večeře, do kterých jsou zařazeny nízkenergetické potraviny – ovoce, zelenina – nemá pacient velký pocit hladu mezi hlavními jídly a druhá večeře omezí večerní a noční přejídání. (Svačina, 2008)

**2. Rovnoměrné rozdělení energie** – během celého dne by nemělo docházet k hladovění a velkým výkyvům. Denní příjem energie je v dietě rozdělen do tří třetin a v každé třetině je vždy zastoupeno jedno hlavní a eventuálně jedno vedlejší jídlo. (Svačina, 2008)

**3. Strava splňuje zásady racionální výživy** – má antisklerotický charakter s dostatkem vlákniny, vitamínů a minerálních látek, a proto se snažíme o co největší pestrost. Dbáme na každodenní zařazení ovoce a zeleniny, celozrnných výrobků, brambor a luštěnin.

Zcela nejdůležitějším opatřením v redukční dietě je snížení obsahu tuku, kterého docílíme takto:

- Vyloučíme či omezíme volné tuky – na mazání či přípravu pokrmů,
- vyřadíme všechny tučné potraviny – tučné sýry, paštiky, šlehačku, tučné moučníky, sušenky, smetanové krémy, majonézu atd.,
- rostlinné tuky neobsahují cholesterol a sacharidy, ale jsou zdrojem energie, a proto i toto množství je třeba korigovat. (Svačina, 2008).

**4. Omezení kuchyňské soli** – důvodem je častý výskyt hypertenze u obézních pacientů.

**5. Změna stravovacích návyků** – musí být zásadní a vázaná na komplexní psychoterapeutický přístup včetně změn způsobu života, změny trávení volného času, zvýšení fyzické aktivity přiměřené zdravotnímu stavu.

**6. Důležitý je dostatečný příjem nízkoenergetických či bezenergetických tekutin** – 1,5-2l denně. Pozor na alkoholické nápoje, které mají velký energetický obsah.

**7. Nezbytný je individuální přístup k pacientovi v edukaci o dietě.**

Výhody cvičení pro regulaci tělesné hmotnosti lze nejlépe pozorovat, když cvičení pokračuje jako součást léčebného plánu i po počátečním období hubnutí, které obvykle trvá šest měsíců. Studie prokázaly, že samotná tělesná námaha může mít významný vliv na tělesnou hmotnost, pokud je udržována po dobu alespoň dvanácti měsíců. Navíc bylo prokázáno, že cvičení může přispět k dalšímu úbytku hmotnosti nad rámec snížení hmotnosti pozorovaného během prvních měsíců léčby. Důležitější je zjištění, že jedinci, kteří jsou schopni udržet svůj váhový úbytek dlouhodobě, také hlásí zapojení do cvičení jako součást svého behaviorálního léčebného programu. Zajímavým zjištěním ve studii provedené McGuirem a kol. bylo, že jedinci v Národním registru kontroly tělesné hmotnosti, kteří snížili svou úroveň tělesné aktivity ve volném čase, také uvedli, že během období jednoho roku znovu nabyli na váze. Proto, aby cvičení bylo efektivní dlouhodobě, bude důležité zavést strategie, které usnadní udržení cvičení chování dlouhodobě u jedinců s nadváhou a dříve nadváhou. (Jakicic, D. Otto, 2005)



## 2.2 Pohybová aktivita indikovaná při nadváze a obezitě

K dosažení zlepšení zdravotního stavu jedinců s nadváhou a obezitou se doporučuje fyzická aktivita. Pravidelná účast na fyzické aktivitě snižuje riziko rozvoje kardiovaskulárních onemocnění, diabetu, hypertenze, dyslipidemie a některých druhů rakoviny. Je také spojena se sníženou úmrtností v důsledku kardiovaskulárních onemocnění, jakož i s nižší úmrtností ze všech příčin (Adams, Der Ananian, DuBose, Kirtland, & Ainsworth, 2003).

Zvýšení energie vynaložené na fyzickou aktivitu má zvýšit celkové denní výdaje na energii, a tím vytvořit energetický deficit a úbytek hmotnosti. Je-li pravidelná fyzická aktivita dlouhodobě udržována, slibuje předvídatelný úbytek hmotnosti, pokud není energetický deficit vyvážen zvýšeným příjmem energie a/nebo sníženými výdaji na energii, které nesouvisí s předepsaným cvičením. Intervence fyzické aktivity jsou běžně navrhovány, aby pomohly při hubnutí, a zdá se, že jsou účinné pro udržení hubnutí. Je obecně známo že, 30 minut cvičení střední intenzity denně po dobu 5 dní (celkem 150 minut) se doporučuje pro zdraví prospěšné a případně lepší regulaci hmotnosti. Na podporu úsilí o hubnutí se doporučená dávka zvyšuje na 200 až 300 minut týdně u jedinců s nadváhou/obezitou (Broskey, Martin, Burton, Church, Ravussin & Redman, 2021).

Klíčem k řízení tělesné hmotnosti je energetická bilance. Pokud se energetický výdej rovná energetickému příjmu, teoreticky bude zachována tělesná hmotnost, což by mělo být cílem prevence počátečního nárůstu tělesné hmotnosti nebo prevence opětovného získání tělesné hmotnosti po snížení tělesné hmotnosti. Na podporu hubnutí je však nutné vytvořit energetickou nerovnováhu, která vyvolá energetický deficit. Fyzická aktivita ve formě strukturovaného cvičení přispívá ke vzniku energetického deficitu zvýšením celkových výdajů na energii, což může podpořit hubnutí. Ačkoli je cvičení důležitou složkou zásahů do snižování tělesné hmotnosti, je důležité pochopit rozsah příspěvku cvičení ke snižování tělesné hmotnosti v rámci klinických zásahů. Krátkodobé zásahy, trvající obvykle 6 měsíců či méně, zkoumaly účinek cvičení samotného a také v kombinaci se snížením energetického příjmu na změny tělesné hmotnosti. V porovnání s tím tyto studie prokázaly, že snížení energetického příjmu (např. strava) má větší dopad na tělesnou hmotnost, než změny ve výdeji energie prostřednictvím cvičení, přičemž největší vliv na snížení tělesné hmotnosti má kombinace stravy a cvičení. (Jakicic, 2005)

Aby si jednotlivci uvědomili výhody fyzické aktivity pro regulaci hmotnosti, musí se podílet na odpovídajících úrovních fyzické aktivity. Obecně se uznává, že ekvivalent alespoň 150 min/týden fyzické aktivity střední intenzity je nezbytný k realizaci zlepšení výsledků souvisejících se zdravím. Ke zlepšení výsledků dlouhodobého hubnutí však může být nezbytná vyšší úroveň fyzické aktivity. Například ve dvou samostatných studiích Jakicic a kol. uvedli, že dlouhodobý úbytek tělesné hmotnosti se zlepšil u žen s nadváhou a u obézních žen s přidavkem 200-300 min./týden fyzické aktivity. Tyto nálezy jsou podobné výsledkům hlášeným Schoellerem a kol., (1997) in Jakicic (2005) kteří prokázali, že udržování hubnutí bylo zlepšeno, pokud jedinci vykazovali ekvivalent fyzické aktivity střední intenzity ve výši 65 min/den. Bylo rovněž prokázáno, že více než 2000 kcal fyzické aktivity může zlepšit dlouhodobé výsledky hubnutí. Ačkoli tedy mohou existovat zdravotní přínosy spojené s alespoň 150 min/týden fyzické aktivity střední intenzity, existuje stále více znalostí na podporu vyšších úrovní fyzické aktivity pro zlepšení dlouhodobých výsledků hubnutí. Blair a kol. (2004) in Jakicic (2005) dospěli k závěru, že i když 30 minut fyzické aktivity střední intenzity může přinést značné zdravotní výhody, „Tato dávka cvičení může být nedostatečná k prevenci nezdravého nárůstu tělesné hmotnosti u některých osob, které potřebují další cvičení nebo kalorické omezení, aby se minimalizovala pravděpodobnost dodatečného nárůstu tělesné hmotnosti. Proto může být pro zlepšení dlouhodobých výsledků hubnutí nezbytné povzbudit úroveň fyzické aktivity vyšší, než je minimální doporučení v oblasti veřejného zdraví (150 min/týden.), což je podpořeno doporučeními Ústavu pro lékařství, American College of Sports Medicine, a Mezinárodní asociace pro studium obezity.

Pravidelná pohybová aktivita přispívá k dlouhodobému udržení redukce váhy. Během osmnáctiměsíční intervence bylo hlášeno, že jedinci, kteří udržovali větší míru redukce hmotnosti, se věnovali jak přiměřenému množství pohybové aktivity, tak zdravému stravovacímu chování. Udržování redukce váhy tak může být výsledkem konstelace chování, z nichž cvičení je jedním z důležitých faktorů (Jakicic, 2005). Je známo, že pravidelná fyzická aktivita má příznivé účinky na kardiovaskulární systém. (Buys, Budts, Delecluse & Vanhees, 2013).

Freitas, Silva, Ferreira, DA Silva, Salge, Carvalho-Pinto, Cukier, Brito, Mancini & Carvalho, (2018) uvádějí, že zákroky životního stylu, včetně změn stravy, PA anebo behaviorální terapie jsou nejvhodnější první obrannou linií pro všechny obézní osoby s astmatem. Zvýšená PA hraje klíčovou roli v hubnutí a byla spojena s poklesem prevalence poruch dýchání narušených spánkem. Kromě toho důkazy ukazují, že cvičení se doporučuje

ke zlepšení výsledků astmatu, včetně příznaků úzkosti a deprese, u dospělých s astmatem. Pokud je nám však známo, žádná předchozí studie nehlásila vliv cvičení na každodenní životní fyzickou aktivitu (DLPA), psychosociální komorbidity a kvalitu spánku u obézních dospělých s astmatem. Proto jsme předpokládali, že cvičení by zlepšilo PA a snížilo komorbiditu u obézních dospělých s astmatem, což by vedlo ke zlepšení příznaků astmatu.

### **2.2.1 Silový trénink – cvičení posilovací**

Obezita je hlavní zdravotní problém na celém světě. Více než 1 miliarda lidí na celém světě jsou považovány za osoby s nadváhou nebo obezitou. Kontrolované studie účinků zvýšené úrovně fyzické aktivity jako primární intervence bez úpravy stravy poskytují nejlepší způsob, jak určit vliv cvičení na tělesnou hmotnost, složení těla a RMR. Zvýšení fyzické aktivity bez změny příjmu energie může úspěšně podpořit negativní energetickou rovnováhu, a tím snížit množství tělesného tuku. Stejně důležité je, že úbytek hmotnosti v důsledku cvičení může být spojen se zachováním hubené tělesné hmotnosti. I když snížení hmotnosti po fyzické aktivitě je způsobeno především energií vydanou během zátěžového zápasu, další mechanismy mohou zvýšit klidový metabolismus, a tím dále podpořit energetickou rovnováhu. Vzhledem ke spojitosti mezi štíhlou tkání a RMR, nejvíce zjevný dopad cvičení na klidový metabolismus je schopnost iniciovat růst kosterních svalů. Kromě toho, zvýšení výdajů na energii během období zotavení po cvičení (nadbytek po cvičení spotřeba kyslíku) může indukovat krátkodobý vzestup rychlosti metabolismu >24 hodin (Stiegler & Cunliffe, 2006). Podle Matrangoly & Madigana (2009) má úbytek hmotnosti potenciál zlepšit rovnováhu a snížit riziko pádů u obézních.

Trénink neboli trénink fyzické zdatnosti je definován jako plánovaný strukturovaný režim pravidelného fyzického cvičení, které je záměrně prováděno s cílem zlepšit jednu nebo více z následujících složek fyzické zdatnosti: kardiopulmonální zdatnost, tělesná kondice, svalová síla a vytrvalost a flexibilita (Voet, van der Kooij, van Engelen & Geurts, 2019).

Cílem posilovacích cvičení je zvýšit funkční zdatnost svalů. Než zahájíme posilovací cvičení, je vždy nutné nejprve protáhnout antagonistické svalové skupiny (svaly s opačnou funkcí), abychom mohli provést pohyb v potřebném rozsahu. Při cvičení využíváme zejména pomalých vedených pohybů proti přirozenému odporu gravitace (Dostálová & Sigmund, 2017). Dle Petra & Šťastného (2012), je sportovní trénink proces, během něhož je organismus specifickým způsobem vystavován stresu a jehož cílem je dosažení žádoucího druhu adaptace. V procesu sportovního tréninku se téměř vždy jedná o stres v podobě fyzické

zátěže. Za předpokladu, že tento stres nepřekročí biologickou adaptační schopnost organismu, bude jedinec v budoucnu připraven na podobnou nebo vyšší zátěž.

Silový trénink je definován jako systematický program cvičení, jehož cílem je zvýšit schopnost jedince vyvinout nebo odolat síle například za použití závaží, zatěžovacích strojů nebo pružných šňůr. Aerobní cvičení neboli kardiorespirační fitness trénink je definován jako trénink, který je určen ke zlepšení kapacity a účinnosti aerobních systémů produkujících energii a je účinný pro zlepšení kardiorespirační výdrže. Skládá se z činnosti nebo kombinace činností, které využívají velké svalové skupiny, mohou být udržovány nepřetržitě, a je rytmické a aerobní povahy, například chůze, běh, jízda na kole, veslování, aerobní taneční cvičení, nebo plavání (Voet et al., 2019). „Předpis cvičení je vysoce individualizovaná procedura, která zahrnuje zvážení počáteční úrovně kondice člověka, programu, cíle, dostupnost času a přístup ke cvičebním zařízením a místům. Proto to není možné popsat programy, které by byly vhodné pro všechny osoby.“ (Knuttgén, 2007)

Silový trénink, či trénink odporu je podle Opperta et al. (2012) také označován jako činnost posilující svaly, programy založené na činnostech, které zvyšují sílu, vytrvalost a hmotnost kosterního svalstva a které zahrnují hlavní svalové skupiny (nohy, záda, břicho, hrudník, ramena a paže). Intenzita tréninku odporu je obvykle definována podle maxima jednoho opakování (1RM). Střední intenzita je obvykle definována jako více než 60% 1 RM.

Pro hubnutí je důležitý jak silový trénink, ale také zakomponování aerobního tréninku, který je založený na formách aktivit, které jsou dostatečně intenzivní a jsou prováděny dostatečně dlouho na to, aby udržely nebo zlepšily kardiorespirační kondici jedince. Zde „aerobní“ znamená středně intenzivní aerobní trénink. Středně intenzivní fyzická aktivita je obvykle 5 nebo 6 na stupnici 0-10. Na základě srdeční frekvence je fyzická aktivita střední intenzity obvykle definována jako 50%-70% maximální srdeční frekvence.

Dle Wijndaele, Duvigneaud, Matton, Duquet, Thomis, Beunen, Lefevre & Philippaerts, (2007) je vysoká úroveň aerobní zdatnosti v dospívání chrání před rozvojem diabetu, hypertenze a obezity v dospělosti. Kromě toho je aerobní zdatnost silným, nezávislým prediktorem výskytu metabolického syndromu. Proto aerobní cvičení, jehož výsledkem je vyšší úroveň aerobní zdatnosti, může hrát důležitou roli v primární a sekundární prevenci metabolického syndromu a přidružených chronických onemocnění.

Kromě silového a aerobního tréninku se dá také využívat při redukci hmotnosti vysoce intenzivní intervalový trénink (HIIT), který se skládá z krátkých období vysoce intenzivního anaerobního cvičení, obvykle méně než 1 minutu, střídajících se s krátkými obdobími méně intenzivního zotavení.

Různé intenzity cvičení (nízké vs. vysoké) mají rozdílný vliv na typ oxidovaného paliva. Při cvičení nízké intenzity pod 40-50% maximální spotřeby kyslíku je dodávaná energie primárně z oxidace plazmových volných mastných kyselin. Se zvyšující se intenzitou cvičení se dodatečná energie získává využitím svalového glykogenu, glukózy v krvi a intramuskulárního triglyceridu. Během intenzivního cvičení oxidace tuku postupně klesá, až dojde k oxidaci 100 % sacharidů. Přejít od oxidace tuků k oxidaci sacharidů umožňuje svalům získat více energie z každého litru kyslíku spotřebovaného ze sacharidů než z tuků. (Treuth, Hunter & Williams 1996).

Podle Wonga & Figueroa, (2021) je důležité také protahování. Jedná se o formu cvičení, která se doporučuje jako součást obecného fitness programu, který je široce používán pro zlepšení flexibility a prevenci zranění. Nedávno bylo protahování navrženo jako účinná adjuvantní léčba poklesu kardiovaskulárních funkcí spojených se stárnutím a sedavým životním stylem. Mezi další atraktivní vlastnosti protahování patří její nízká intenzita, jakož i nedostatek peněžních nákladů a dodatečné vybavení/zařízení potřebné pro její pravidelnou praxi. Proto protahování může být životaschopný nefarmakologický zásah pro potenciální zlepšení kardiovaskulárního zdraví u různých jedinců, včetně těch, kteří nejsou schopni provádět tradiční aerobní nebo rezistentní cvičení.

### **2.2.3 Techniky zvyšování tělesné zdatnosti**

Výběr cviků i způsob jejich provedení závisí na aktuálním stavu svalového aparátu cvičence s respektováním věkových zvláštností. Zaměření cviku tedy musí odpovídat stavu posilovaného svalu. Dostálová & Sigmund (2017) při posilování volí:

#### **Velikosti odporu:**

- Velikost odporů, která je limitována nejen zdatností posilovaných svalů, ale zejména svalů stabilizačních, které se podílejí na nastavení postury.
- Musí být dostatečná (čím je odpor menší, tím musí být vyšší počet opakování, nebo tím delší musí být výdrž).

- Velikost odporu nesmí klesnout pod určitou hranici a nesmí být ani nadměrná. Cvičení proti příliš malému odporu přestává být cvičením síly, naopak při nadměrném odporu se do pohybu zapojují i svaly hyperaktivní a pohyb je tak proveden nežádoucím způsobem.

### **Počet opakování:**

- Při malém počtu opakování musí být dostatečný odpor.
- S přibývajícím počtem opakování se může velikost odporu stát v průběhu posilování nadměrná.
- Posilujeme v sériích (nepřetržité opakování téhož cviku) odděleným odpočinkem
- Počet sérií je 2-3.
- Počet opakování cviku v sérii je pro svaly horních končetin a trupu 8-12 opakování, pro svaly dolních končetin 12-20 opakování, pro svaly břišního lisu nad 20 opakování a při cvičení na redukci tuku 20-30 opakování.

Podle Petra & Šťastného (2012) je trénink formou stresu, a je-li aplikován přiměřeně a pravidelně, tělo reaguje pozitivním způsobem – adaptuje se. V případě nevhodné zvolené či nepravidelné formy stresu, případně obou dohromady, se tělo neadaptuje vůbec, anebo se adaptuje negativním způsobem. Potom dochází k přetrénování nebo zranění.

Dle Rodriguese, Santose, Medeirose, Goncalvese & Juniora, (2021) cvičební programy, které zahrnují několik složek, jako je aerobní, flexibilita, propriocepce/kinestezie, rovnováha, rychlost a síla, nejen podporují optimální zdraví, ale také zlepšují výkon činností každodenního života. Konkrétně kombinovaný trénink (CT), který je kombinací aerobních a svalových silových cvičení v jednom sezení, byl zkoumán s ohledem na výhody, jako je snížená tuková tkáň, zvýšená svalová hmota, aerobní síla, a kardiopulmonární kapacita.

K tomu, aby byl trénink dokonalý, musel by skvěle fungovat za všech okolností, tzv. vždy a na každého. Sestavit takový trénink se ještě nikomu v historii celého lidstva nepodařilo. Tak proč se o něm tak často hovoří? Důvod je jednoduchý: každý trénink může vést k pozitivnímu výsledku. Tato realita však není zapříčiněna výjimečností opěťované metody, ale spíše skutečností, že majoritní část cvičících, ale i sportovců věnuje minimální pozornost dostatečné tréninkové variabilitě. Za těchto podmínek se každý trénink může stát novým stimulem, a přinést tak své výsledky. Nikoliv však vždy a už vůbec ne na každého

(Petr & Šťastného, 2012). Dle Roubíka (2012) by se na toto téma hodil jeden starý citát: „Vše funguje. Nic nefunguje příliš dlouho“.

Podle Rodrigues et al., (2021) se zachování dostatečné tréninkové variability nazývá periodizace. Periodizační strategie je jednou z cest, jak mohou sportovní fyzioterapeuti přistupovat k návrhu odbojových tréninkových programů. Neperiodizované modely mají malou až žádnou odchylku objemu a intenzity v čase, zatímco v lineárním progresivním tréninku zůstává objem stejný nebo roste, zatímco intenzita se postupně zvyšuje.

Existence univerzálně fungujícího tréninku není možná už jen proto, že každý jedinec reaguje na stejný program odlišně. Neexistují žádná pravidla lidské adaptace na tréninkový stimul, která by bez omezení a beze změny platila ve všech situacích. Můžeme nalézt nepřehledné množství příčin od genetických dispozic přes aktuální míru adaptace (trénovanosti), motivační aspekty či výživový status až po celkovou psychickou kondici. Vytrvalostní předdisponovaný jedinec kupříkladu reaguje zcela odlišně na trénink maximální síly než jedinec s rychlými svalovými vlákny. (Petr & Šťastného, 2012).

#### **2.2.4 Zásady a účinek**

##### **Zásady provádění posilovacích cvičení**

- Před posilováním vždy uvolníme a protáhneme hyperaktivní svaly.
- Při cvičení postupujeme od větších svalových skupin k malým.
- Cvičíme vždy od centra k periférii (nejprve je nutno vybudovat silný a pevný svalový korzet kolem páteře).
- Cvik se snažíme zaměřit převážně na určitou svalovou skupinu (i kdy čistá izolace svalů je při cvičení nemožná, neboť se do pohybu rovněž zapojují svaly stabilizační, fixační a neutralizační).
- Nejprve využíváme jednoduché cvičební tvary, při kterých se aktivuje co nejmenší počet svalů.
- Upřednostňujeme dynamická pomalá a vedená cvičení před cvičením statickým.
- Preferujeme posilování s hmotností vlastního těla (bez doplňující zátěže).
- Posilování spojujeme se správným dýcháním.

- Dbáme na správnou techniku provedení pohybu.
- Cvičíme pomalu a tahem, nikdy ne rychle a pomocí švihů.
- Vždy musíme respektovat biologický věk cvičence.
- Každý cvičenec posiluje adekvátně, podle aktuálního stavu posilovaných svalů.
- Po každé provedené sérii posilování zařadíme protažení posilované svalové partie.
- Teprve po správném zvládnutí techniky a zvýšení funkční zdatnosti posilovaných svalů můžeme zvýšit počet opakování, velikost odporu nebo prodloužit výdrž.
- Cvičíme pravidelně.
- Asymetrická cvičení provádíme vždy na obě strany.
- Vhodnou formou posilování je kruhový trénink.

### **Účinek pravidelně prováděných posilovacích cvičení**

- zvýšení svalové síly;
- zvýšení klidového svalového napětí;
- upravení tonické nerovnováhy v příslušném pohybovém segmentu;
- zlepšení svalové vytrvalosti;
- zlepšení koordinace;
- zlepšení stability a pevnosti kloubů;
- prevence svalové atrofie;
- úprava svalových dysbalancí;
- ovlivnění správného držení těla;
- estetický vzhled jedince.

(Dostálová & Sigmund, 2017)



## 2.3 Výživa a tělesné složení

V oblasti výživy panuje čím dál větší informační chaos. Na jedné straně dnes máme k dispozici špičkové informační zdroje a každý rok vzniká čím dál větší počet dostupných a rozsáhlých vědeckých studií přímo o výživě, na straně druhé se ale pravidelně objevují stále nové (a módní) „zaručené a převratné“ výživové postupy, které jsou dle svých autorů ty jediné správné na zvýšení sportovní výkonnosti, udržení zdraví a dosažení požadované fyzické formy a kondice (Roubík, Šindelář & Vašík, 2018)

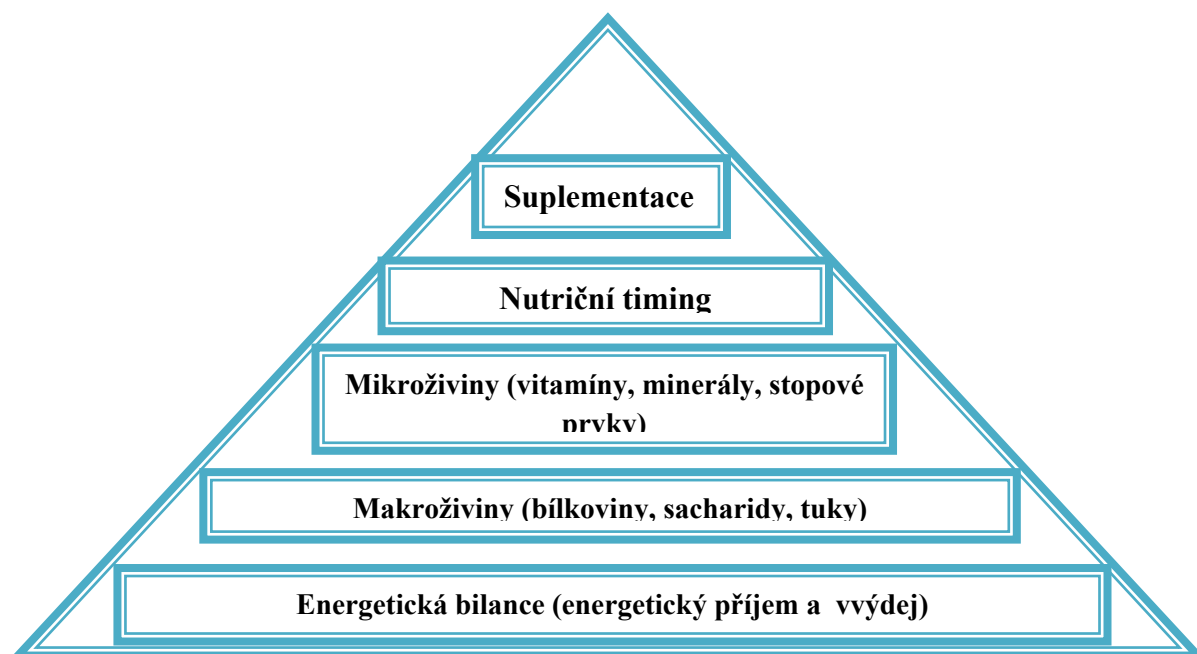
Kromě toho je pravděpodobné, že je ve hře trvalé narušování důvěry veřejnosti v odborné znalosti obecně, spíše než v konkrétní vědu. Negativní dopady se pravděpodobně zvětší, pokud se tradiční role odborníků jako „informačních vrátných“ sníží v důsledku stále rychlejšího šíření informací bez ohledu na kvalitu. To zase značně ztěžuje rozlišování látky od hluku pro veřejnost a zvráceně dále snižuje důvěru veřejnosti v odborné znalosti. Tyto síly jsou v nutričních vědách zesíleny díky intimnímu propojení potravin a zájmu o všechny jednotlivce a velikosti potravinářské a zemědělské ekonomiky (Garza, Stover, Ohlhorst, Field, Steinbrook, Rowe, Woteki, Campbell, 2019).

Zároveň podle Klimešové a Stelzera (2013) stojí za informačním chaosem reklamy a média. Reklamy ve všech dostupných médiích významně ovlivňují náš výběr potravin, a to již od dětství. Jestliže vidíme v televizi například šťastnou rodinu, jak u společné večeře konzumuje polévku z polotovaru, může to u nás vyvolat podobnou představu, že když si polévku koupíme, bude i naše rodina stejně šťastná jako ta v televizi. Dalším faktorem zhoršující naše stravovací zvyklosti jsou marketingové strategie velkých prodejců potravin – těžko se odolává například nákupu obrovského množství čokolády, když nám je nabídnuto 10 balíčků za poloviční cenu.

Tento informační chaos ve výživě je totiž výsledkem hned několika zásadních problémů, jejichž společným jmenovatelem je často internet. Zaprvé, obrovské množství informačních zdrojů, ve kterých můžete najít podporu pro prakticky jakýkoliv výživový postup a názor, není stejné kvality. Naopak řada informačních zdrojů je velmi pochybné kvality a mnoho z nich obsahuje velké množství nepravd a zavádějících informací, které od sebe autoři přebírají. Zadruhé, i ty nejkvalitnější informační zdroje bývají velmi často chybně či tendenčně interpretovány (Roubík et al., 2018). A konečně poslední příčinou tohoto informačního chaosu v oblasti výživy je aplikace módních (tj. zjednodušených) výživových postupů. Před 15 lety všechny potraviny musely být nízkotučné a se sníženým obsahem

cholesterolu, případně s výrazným označením „bez cholesterolu“ na etiketě produktu. Před 5 lety bylo v módě potraviny se sníženým obsahem sacharidů a cukrů. Za dalších 10 let to budou zase jiné látky, o kterých bude módní průmysl tvrdit, že jsou nejméně zdravé a jejich obsah v potravě je potřeba radikálně snížit (Roubík et al. 2018).

Roubík et al.(2018) tvrdí, že nejdůležitější je pyramida priorit ve výživě a to bez ohledu na preferovaný výživový styl, výkonnostní úroveň či sportovní cíle platí pro všechny bez rozdílů ve výživě určitá posloupnost. Většina nedorozumění a nekonečných diskusí na internetu o různých výživových postupech vychází z nepochopení základní posloupnosti a důležitosti jednotlivých úrovní sportovní výživy, které na sebe navzájem navazují.



Obr. 5. Pyramida priorit ve sportovní výživě (Roubík, 2018)

Obezita představuje nadměrné hromadění tukové tkáně a je běžná mezi lidmi v moderních společnostech. Příčiny obezity jsou nepochybně komplexní (zahrnující biologické, psychologické, společenské a environmentální faktory), ale hlavní příčinou na individuální úrovni je chronická pozitivní energetická bilance, která vrcholí změnou dostupnosti akumulované energie. To je důležité, protože důsledkem trvalé pozitivní energetické bilance (tj. nadměrné tučnosti) a jednotlivých složek, které tuto nerovnováhu způsobují (např. nadměrný příjem některých živin ve stravě nebo sedavý způsob života), jsou všechny nezávislé rizikové faktory chronických onemocnění, které představují globální problémy v oblasti veřejného zdraví (Gonzalez, Betts & Thompson, 2019).

Energetická bilance, tedy poměr energetického příjmu a výdeje, tvoří základ a je nejdůležitější úrovní každého jídelníčku. Pokud chcete hubnout, shazovat tuk a rýsovat postavu, váš celkový energetický příjem musí být zkrátka a dobře nižší než váš energetický výdej, a to i přestože se váš jídelníček skládá výhradně z čistých a „zdravých“ potravin. Teprve potom, kdy vaše energetická bilance odpovídá vašim současným cílům, má smysl řešit a rozebírat vhodné množství a trojpoměr makroživin v jídelníčku. V rámci makroživin je také nutné sledovat a nepodceňovat dostatečný příjem vlákniny, a to především kvůli zajištění kvalitního trávení a vstřebávání všech těchto živin. Důležitým prvkem je taky zajistit dostatečný příjem mikroživin, tedy vitamínů, minerálních látek a stopových prvků z dobře využitelných zdrojů pro lidský organismus. Zároveň je důležité si pohlídat dostatečný pitný režim, tedy příjem vody a tekutin, protože všechny metabolické reakce, regenerační a anabolické pochody se odehrávají ve vodném prostředí, a tak je pro správnou funkci nutné zajistit dobrou hydrataci organismu. Následně má teprve smysl řešit nutriční timing, tedy načasování a rozložení energie a jednotlivých živin v jednotlivých jídlech v průběhu dne, v průběhu celého týdne. A konečně, teprve pomyslnou špičkou pyramidy či „třešničkou“ na dortu je suplementace, která má význam především ve výkonnostním a vrcholovém sportu, přičemž skutečně efektivní jsou pouze některé suplementy (Roubík et al. 2018, 24).

Podle Gonzaleze, Bettse & Thompsona, (2019) je v moderní době mnohem pravděpodobnější, že energetická rovnováha nastane při vyšších úrovních toku energie, o čemž svědčí pozorování, že obvykle aktivní jedinci vykazují štíhlejší fenotyp než jedinci se sedavým životním stylem. Mezi energetickým příjmem a energetickými požadavky, kdy zrcadlení mezi oběma stranami rovnice energetické bilance je regulováno pouze při „normálních“ (tj. středně vysokých až vysokých) úrovních fyzické námahy, zatímco sedavé činnosti paradoxně zvyšují chuť k jídlu nad rámec požadavků, což vede k přírůstku hmotnosti ve srovnání se středně vysokými až vysokými úrovněmi aktivity.

### **Energetický metabolismus**

Všechny pochody látkové výměny probíhají ve všech živých buňkách za transformace energie, která se přeměňuje na různé formy. Zjednodušeně řečeno je lidským organismem získávána energie oxidací živin (rozpadem chemických vazeb mezi dvěma uhlíky a uhlíkem a vodíkem v bílkovinách, sacharidech a tucích), aby byla tato energie konvertována do biologicky využitelné formy fosfátových vazeb v makroergních sloučeninách (jako ATP apod.) a následně využita ve všech buněčných procesech vyžadující energii, tedy např.

k syntéze enzymů a hormonů, regeneraci a růstu tkání, svalové práci, je důležité si uvědomit, že když chceme např. snížit tělesnou hmotnost a spalovat tuk, celkový energetický příjem organismu musí být nižší než celkový výdej energie (Roubík et al. 2018).

Dle Botka, Neulse, Klimešové & Vyhnálka et al. (2017) je jedním ze základních pojmů, který se váže k otázce bioenergetiky pohybové činnosti, metabolismus. Tento termín lze jednoduše charakterizovat jako chemickou přeměnu látek v organismu. Metabolismus můžeme rozdělit do dvou základních, vzájemně opačně fungujících chemických dějů, označovaných jako katabolismus a anabolismus.

**Katabolické procesy** lze charakterizovat v zásadě jako procesy rozkladné, během kterých z látek chemicky složitějších (např. z glykogenu, triglyceridů, popř. z proteinů) vznikají látky jednodušší. Jde o reakce exergonické, kdy postupný rozklad složitějších látek bývá doprovázen získkem energie ve formě dále využitelného ATP, který je např. jediným přímým zdrojem energie pro svalovou kontrakci. Kromě ATP se během rozkladných procesů uvolňuje také energie ve formě tepla, které člověk využívá např. k termoregulaci. energii dále organismus využívá pro udržení tělesných funkcí, štěpení a využití potravy a v neposlední řadě také k pohybové aktivitě. Z charakteristiky katabolických procesů je na první pohled zřejmé, že tyto budou v metabolismu dominovat za situace zvýšené potřeby energie, tedy například během zatížení. Ani za klidových podmínek však nedochází k jejich kompletní inhibici.

Anabolické procesy považujeme za procesy syntetické (skladné), při kterých z látek jednodušších vznikají látky složitější (např. zásobní). Během anabolických dějů, na rozdíl od dějů katabolických, se energie neprodukuje, ale naopak se při nich energie spotřebovává. Jde o reakce endergonické. Anabolické pochody slouží např. pro růst, regeneraci živé hmoty nebo pro vytváření energetických zásob (např. svalového glykogenu). Převaha anabolických procesů nad katabolickými je spojována s fází zotavení a jeho nejpřirozenější formou – spánkem.

### **Energetická bilance**

Zpracování veškerých přijatých živin v těle zahrnuje celou řadu fyziologických a metabolických procesů. Důležitou funkci zde zastávají zejména hormony a enzymy, které usnadňují štěpení složitých látek na jednodušší. Sacharidy se štěpí na jednoduché cukry. Tuky jsou rozloženy na mastné kyseliny a glycerol, bílkoviny na aminokyseliny. Nutrienty jsou

z trávicího traktu vstřebávány krevní nebo lymfatickou cestou a potom krví přenášeny do celého těla krví. Podle potřeb jsou živiny přímo využity nebo uskladněny pro další potřebu. Při každém jídle konzumujeme více energie než je nutné pro metabolické potřeby. Zásoby jsou většinou ukládány v tukové tkáni, která má velkou kapacitu (Klimešová & Stelzer, 2012).

Botek et al. (2017) definuje energetickou rovnováhu jako „rovnováha mezi energetickým příjmem a výdejem. Pozitivní energetická bilance znamená, že příjem převažuje nad výdejem, negativní energetická bilance nastává, pokud výdej převažuje nad příjmem.“ Rovnováha mezi energetickým příjmem a výdejem je u organismů naprosto přirozeným jevem. Výjimku tvoří některá domestikovaná či hibernující zvířata a zejména člověk. Obezita vznikající při dlouhodobém nadměrném energetickém příjmu tak v současnosti představuje nebezpečnou celosvětovou epidemii. Energetická rovnováha ve prospěch příjmu je však naprosto fyziologická a žádoucí u dětí (růst a zrání), u těhotných a kojících žen, popř. u osob v rekonvalescenci

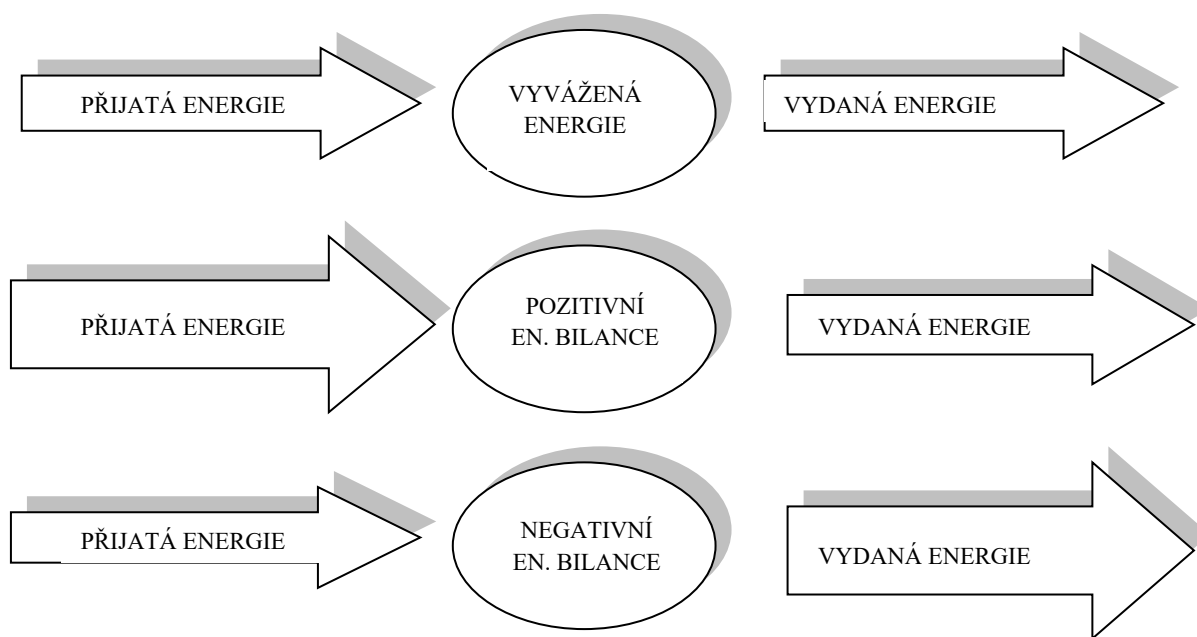
Autoři Moore & Boesch (2019) definují energetickou bilanci jako „střed nesčetných protínajících se proměnných (fyzická aktivita, prostředí fyzické aktivity, produkce a spotřeba potravin, individuální fyziologie, psychologie a sociální psychologie), které určují hmotnost a BMI.“ Udržování individuální energetické rovnováhy po celý život je náročné a základní molekulární mechanismy jsou složité. Energetickou rovnováhu ovlivňuje řada individuálních (genetických, epigenetických a mikrobiomových) a environmentálních faktorů (strava, fyzická aktivita, sociálně-ekonomické a zastavěné prostředí).

Podle Klimešové & Stelzera (2013) nám energetické bilance ukazuje:

**Vyvážená energie:** pokud množství energie, které přijmeme potravou, je shodné s potřebou energií pro naše tělo, tělesná hmotnost bude stabilní.

**Pozitivní energetická bilance:** při nadměrném energetickém příjmu bude nadbytečná energie uložena v podobě tukových zásob a naše tělesná hmotnost se zvýší.

**Negativní energetická bilance:** v případě velmi nízkého energetického příjmu potravou musí naše tělo využívat i energii uloženou v zásobách a tělesná hmotnost bude klesat.



Obrázek 6: Energetická bilance (Klimešová & Stelzer, 2013)

Pokud si chcete zachovat svou aktuální hmotnost, měl by se náš denní energetický příjem z potravy rovnat energetickému výdeji. V případě, že budete například chtít snížit svou hmotnost, musí být náš energetický výdej vyšší než příjem. Toho lze dosáhnout redukcí energetického příjmu, zvýšením energetického výdeje nebo obojím mechanismem. Při redukcí energetického příjmu se u jedinců s nadváhou doporučuje snížit příjem o 10%, protože taková dieta by neměla vyvolat pocit hladu a u obezity snížit příjem o 20-25% což zhruba odpovídá ½ kila za týden. (Klimešová & Stelzer, 2013) Nicméně v praxi jsem se často setkal s tím, že když jsem klientům s obezitou druhého či třetího stupně doporučil vyřadit sladké nápoje, první týden byl úbytek váhy až tři kilogramy.

Podle Klimešové & Stelzera (2013) je celkový denní energetický výdej složen:

- z bazálního metabolismu (52-77%)
- z postprandiální termogeneze (8%)
- z energetického výdeje při fyzické aktivitě (15-40%)

### 2.3.1 Bazální metabolismus

Bazální metabolismus (BMR) znamená množství kalorií vyžadované k zajištění veškerých životně důležitých funkcí vašeho těla v bdělé fázi bez jakékoliv fyzické aktivity (kdybyste například leželi v posteli). BMR odráží energii, kterou vaše tělo potřebuje k dýchání, k přenosu nervových impulzů a funkci mozku, jater i všech dalších orgánů. K výpočtu

bazálního metabolismu se využívá mnoho vzorců například: Harris-Benedictovu rovnici, Cunninghamovu rovnici a zjednodušenou metodu. Pokud znáte podíl tukuprosté tkáně, pak v případě, že jste velmi svalnatí, bývá Cunninghamova rovnice přesnější (Skolnik & Chernus, 2011).

Botek et al. (2017) definuje bazální metabolismus jako „množství energie potřebné pro udržení všech vitálních funkcí v bdělém stavu (ve spánku hodnota BMR klesá).“ Závisí především na povrchu těla (daném tělesnou výškou a hmotností), věku (s věkem BMR klesá) a pohlaví (muž má vyšší zastoupení svalové hmoty, tudíž vyšší BMR). Zdravý dospělý muž mladšího věku má BMR odpovídající 2000 kcal/den (40 kcal/m<sup>2</sup> /h). BMR se měří např. v metabolické komoře za přísně standardizovaných podmínek: vleže, klid, neutrální teplota okolí, 12–14 hod po jídle, 24 hod bez vyčerpávající tělesné práce.

Podle Roubíka et al. (2018) je bazální metabolismus minimální energetická spotřeba člověka nutná pro zachování základních životních funkcí, tj. homeostázy lidského organismu. Jedná se o energii potřebnou ke klidové činnosti orgánu (např. dýchání plicemi, pumpování krve do celého těla srdcem, neustálá filtrace krve ledvinami, metabolické pochody v játrech atd.) i zajištění všech klidových biochemických reakcí na úrovni každé jednotlivé buňky v organismu.

### **Odhad hodnoty bazálního metabolismu**

Harris – Benedictová rovnice: Tato rovnice zohledňuje výšku, hmotnost a věk při odhadu hodnoty BMR. Nezahrnuje však tukuprostou tkáň (body lean mass), tudíž podhodnocuje BMR u svalnatých lidí a nadhodnocuje BMR u osob s vyšším podílem tělesného tuku.

Muži:  $BMR = 66 + (13,7 \times \text{hmotnost v kg}) + (5 \times \text{výška v cm}) - (6,8 \times \text{věk v letech})$

Ženy:  $BMR = 665 + (9,6 \times \text{hmotnost v kg}) + (1,8 \times \text{výška v cm}) - (4,7 \times \text{věk v letech})$

Cunninghamova rovnice: Tato rovnice počítá s tukuprostou tkání (body lean mass), ale nezohledňuje výšku, přičemž tato rovnice se aplikuje jak na muže, tak na ženy. Velmi svalnatí sportovci mohou tuto metodu využít, pokud znají hodnotu své tukuprosté tkáně.

$BMR = 370 + (21,6 \times \text{kg tukuprosté tkáně})$

Zjednodušená metoda: Zjednodušená metoda je poněkud méně přesná, protože vstupní informace nejsou tak specifické. Ovšem pro toho, kdo preferuje méně matematiky, poskytne rozumný odhad.

Muži:  $BMR = \text{hmotnost v kg} \times 24$

Ženy:  $BMR = \text{hmotnost v kg} \times 22$

### **Odhad hodnoty celkového denního energetického výdeje**

Měření energetického výdeje se dá pomocí výše zmiňovaných vzorců nebo laboratorní metody či specializovaného přístroje. Pro vyjádření energetické potřeby či spotřeby organismu se využívá jednotky tepelné energie, tedy kalorie. Kalorie (1 cal) je definována jako množství energie zvyšující teplotu 1 g vody z 15 na 16 °C. Obvykle se v praxi používá vyjádření v kilokaloriích (1 kcal = 1000 cal). Jinou užívanou jednotkou energie je joule, resp. kilojoule (1 kcal = 4,18 kJ). Možnost, jak změřit energetický výdej v laboratorních podmínkách, představuje tzv. kalorimetrie, která vychází z předpokladu, že v klidu a nalačno se veškerá spotřebovaná energie mění v teplo. Kalorimetrie může být:

- přímá – přímé měření tvorby tepla pomocí kalorimetru či metabolické komory;
- nepřímá – na základě měření spotřeby O<sub>2</sub>, která je úměrná množství vydané energie za jednotku času (vyjma situací, kdy vzniká a je splácen kyslíkový dluh); přibližně a obecně platí, že při spotřebě 1 litru O<sub>2</sub> se uvolní energie 4,82 kcal. Pojem spalné teplo se vztahuje k množství energie, které vznikne spálením (oxidací). (Botek, et al., 2017).

V běžných podmínkách nám dostatečně dobře poslouží měření na některém z moderních bioimpedančních přístrojů, které vycházejí z měření odporu při průchodu slabého elektrického proudu tělem. Ten má různý odpor v různých tkáních, čímž můžeme poměrně přesně zjistit množství svalové a tukové tkáně v organismu, rozložení tuku, množství buněčné i mimobuněčné vody, hmotnost kostí a podíl obsažených minerálních látek. Z těchto hodnot lze velmi dobře určit i bazální metabolismus, potažmo energetický výdej. Používanými přístroji dostupnými ve výživových poradnách a sportovních centrech jsou přístroje Bodystat, Inbody a další. (Roubík et al. 2018).

Pro usnadnění odhadu celkového denního energetického výdeje podle Klimešové & Stelzera (2013) se dá využít následující vzorce:



### **Osoby s běžným energetickým výdejem:**

- Ženy: 142kJ/1kg
- Muži: 146kJ/1kg

### **Osoby s redukční dietou:**

- Ženy: 105kJ/1kg
- Muži: 113kJ/1kg

### **Osoby se zvýšenou fyzickou námahou:**

- Ženy: 176kJ/1kg
- Muži: 180kJ/1kg
- 

### **Postprandiální termogeneze**

U většiny lidí má příjem potravy stimulační účinek na metabolismus, neboť rozštěpení a vstřebávání různých nutrietů vyžaduje energii. Tato dietou indukovaná termogeneze dosahuje maxima 1 hodiny po jídle a může kolísat 8 až 12% přijaté energie z potravy, v závislosti na množství a skladbě stravy. Také genetické faktory významně ovlivňují výši postprandiální termogeneze. (Klimešová & Stelzer, 2013, 41)

Podle Roubíka et al.(2018, 51) je dieta indukovaná termogeneze je tzv. termický efekt potravin neboli specificko-dynamický účinek potravy. To je výdej energie organismu na zpracovávání přijímané potravy. I když příjem potravy samozřejmě představuje příjem energie, organismus musí nejprve nějakou energii vynaložit, aby potravu rozložil (tedy trávení a vstřebávání, např. produkce trávicích enzymů, žaludeční a střevní peristaltika) a následně přijaté živiny metabolicky zpracoval (zejména činnost jater). Také sem patří ztráty energie způsobené vznikem tepla při hormonální odezvě organismu na příjem potravy. Termický efekt potravin představuje 5-10% celkového energetického výdeje organismu v závislosti na poměru jednotlivých živin v jídelníčku.

### **2.3.2 Energetický výdej při pohybové aktivitě**

Energetický výdej při pohybové aktivitě se podílí na celkovém energetickém výdeji 20-40%. Některé druhy pohybové činnosti můžeme klasifikovat jako vysilující. Do této skupiny můžeme zařadit třeba dlouhé vystupování do schodů, řezání pilou nebo kácení

stromů. Ze sportovních aktivit uvedu příklad vysokohorské turistiky nebo jízdu na kole do kopce. Vždy je náročnost aktivity nutné hodnotit z hlediska zdatnosti a věku konkrétní osoby. V posuzování úrovně obtížnosti hraje roli intenzita zatížení i jejího trvání. Energetický výdej při zátěži je ovlivněn také hmotností jedince (Klimešová & Stelzer, 2013).

Energetický výdej člověka podle Roubíka et al. (2018) je svalová práce, tedy spotřeba energie potřebná pro veškerý pohyb. Její výše závisí na míře zapojení svalové hmoty a intenzitě fyzické aktivity. Zatímco v klidu na lůžku je tato hodnota rovná  $BM \times 1$ , už při lehkých aktivitách, jako je řízení auta, administrativní práce u počítače, běžná chůze, vaření atd. je tato hodnota  $BM \times 1,3-1,5$  a při pravidelném sportovním tréninku dokonce více než dvojnásobná (např. tréninky v silových sportech, hokejové tréninky a zápasy). Jinými slovy, i v naprostém klidovém režimu spotřebují svaly 30-40% veškeré energie, při středně těžké fyzické aktivitě je to už více než 60% a v rámci vrcholového sportovního výkonu dokonce až 90% veškeré energie (např. závod Ironman).

„Interindividuální rozdíly ve výdeji energie jsou převážně důsledkem rozdílů ve velikosti těla a fyzické aktivitě. Intraindividuální výdaje na energii spojené s fyzickou aktivitou, tj. svalové kontrakce k provádění tělesných postojů a pohybů, je nejproměnlivější složka celkových výdajů na energii.“ (Westertep, 2008)

Podle Skolníka & Chernuse (2011) se dá pro energetický výdej při pohybové aktivitě využít jeden z následujících vzorců:

$BMR \times 1,375$  pro lehkou aktivitu (1-3 dny v týdnu)

$BMR \times 1,55$  pro středně intenzivní aktivitu (3-5 dny v týdnu)

$BMR \times 1,75$  pro velmi intenzivní či těžkou aktivitu (6-7 dny v týdnu)

$BMR \times 1,9$  pro mimořádnou intenzivní zátěž nebo fyzicky velice náročnou práci během dne například namáhavé stavební nebo dřevorubecké práce či tvrdý dvoufázový trénink nebo se dá využít daleko specifitější výpočet a to je MET, neboli metabolický ekvivalent.

Jeden metabolický ekvivalent (MET) je definován jako množství kyslíku spotřebovaného při sezení v klidu a rovná se  $3,5 \text{ ml O}_2$  na  $\text{kg}$  tělesné hmotnosti  $\times \text{min}$ . Koncept MET představuje jednoduchý, praktický a snadno pochopitelný postup pro vyjádření energetických nákladů fyzických aktivit jako násobku klidové rychlosti metabolismu. Energetické náklady na

aktivitu lze určit vydělením relativních nákladů na kyslík aktivity (ml O<sub>2</sub>/kg/min) x 3,5. (Jetté, Sidney & Blümchen)

Metabolický ekvivalent (MET) podle Botka et al. (2017) znamená metabolic equivalent of task. Jde o jednotku, která byla navržena za účelem jednoduché kvantifikace intenzity zatížení, kdy 1 MET odpovídá přibližnému energetickému výdeji při nečinném sedu, tedy 1 kcal na 1 kg tělesné hmotnosti za 1 h, potažmo spotřebě 3,5 ml O<sub>2</sub> na 1 kg tělesné hmotnosti za 1 min (3,4 ml u žen, 3,6 ml u mužů). Intenzita pohybové aktivity je pak vyjádřena jako násobek klidové hodnoty (resp. poměr mezi pracovním a klidovým metabolismem). Tato jednotka nabízí i možnost odhadu spotřeby O<sub>2</sub> (např. práce na úrovni 10 METs znamená spotřebu O<sub>2</sub> 35 ml/kg/min). Rozdělení intenzity pohybové aktivity dle MET je obvykle následující:

- sedavé aktivity (sedentary) do 1,6 METs,
- aktivity s nízkou intenzitou (light) 1,6–3 METs,
- aktivity se střední intenzitou (moderate) 3–6 METs,
- aktivity s vysokou intenzitou (vigorous) 6–9 METs,
- aktivity s velmi vysokou intenzitou (very vigorous, high-intensity) nad 9 METs,
- spánek 0,95 METs

### 2.3.3 Energetické substráty

Dominantním zdrojem energie pro člověka je tedy rozklad energetických substrátů (ať již ve formě sněžených potravin, nebo z vlastních zásob organismu), protože ostatní možnosti příjmu energie do lidského těla jsou naprosto zanedbatelné (prostřednictvím tepelné energie z okolí, které má vyšší teplotu než lidské tělo, energie z infračerveného záření atd.). Množství energie obsažené v energetických substrátech se vyjadřuje tradičně pomocí jednotek kilokalorie (kcal) nebo kilojoule (kJ). Pro zajímavost a lepší představu si vysvětlíme, že jednotka kalorie (z latinského calor = teplo) odpovídá množství energie nutné k ohřátí jednoho litru vody o jeden stupeň Celsia. Jednotka kilojoule byla zavedena až v roce 1978 a vyjadřuje přímo skutečný energetický obsah. Nicméně, vzhledem k tomu, že i dnes můžeme stále vidět na obalech potravin obě jednotky, je dobré si zapamatovat, že 1 kcal odpovídá přibližně 4,2 kJ a naopak 1 kJ je přibližně 0,24 kcal.

Jak už bylo vysvětleno výše, základní energetické substráty neboli makroživiny či makronutrienty (sacharidy, bílkoviny a tuky) jsou nositeli využitelné chemické energie, kterou organismus získává rozkladem (oxidací) vazeb mezi uhlíky a vodíky v těchto živinách. Naopak tzv. mikronutrienty (tedy vitamíny, minerální látky a stopové prvky) umožňující vedle dalších funkcí v organismu právě získávání energie z makronutrientů coby součásti enzymů a metabolických reakcí. Energetickou hodnotu energetických substrátů ukazuje tabulka (Roubík et al. 2018).

Živina	Energetická hodnota v 1 gramu
Sacharidy	4,1 kcal (17,2kJ)
Bílkoviny	4,1 kcal (17,2kJ)
Tuky	9,3 kcal (38,9kJ)
Alkohol	7,1 kcal (29,7kJ)

Tabulka č. 5 (Roubík et al. 2018)

Tato tabulka energetického obsahu v 1 gramu živin je nesmírně důležitá a můžeme z ní dále vyvodit několik důležitých praktických informací a také vysvětlit několik zajímavostí. Při prvním pohledu na energetickou hodnotu živin si jistě každý všimne, že tuky mají více než dvojnásobnou energetickou hodnotu oproti bílkovinám nebo sacharidům. (Roubík et al. 2018).

#### 2.3.4 Energetické zásoby v organismu

Lidský organismus disponuje dostatečně velkým energetickým potenciálem, který má uschován ve formě zásobních látek, převážně tuků. Uvádí se, že průměrný dospělý muž o hmotnosti 70 kg má v tukových buňkách (adipocytech) uskladněné množství energie odpovídající zhruba 112.000 kcal, což představuje asi 80% celkové zásoby energie v těle. Další zásobní formu energie představuje glykogen, kterého má v těle dospělý jedinec mezi 300–500 g, což poskytuje energii cca 2.500 kcal. Glykogen je v organismu uložen v játrech (jaterní glykogen) a ve svalech (svalový glykogen). Za hlavní funkci jaterního glykogenu se považuje udržování homeostatické hladiny glukózy v krvi (tzv. euglykémie), protože glukóza představuje nezbytný zdroj energie především pro mozek. (Botek et al. 2017)

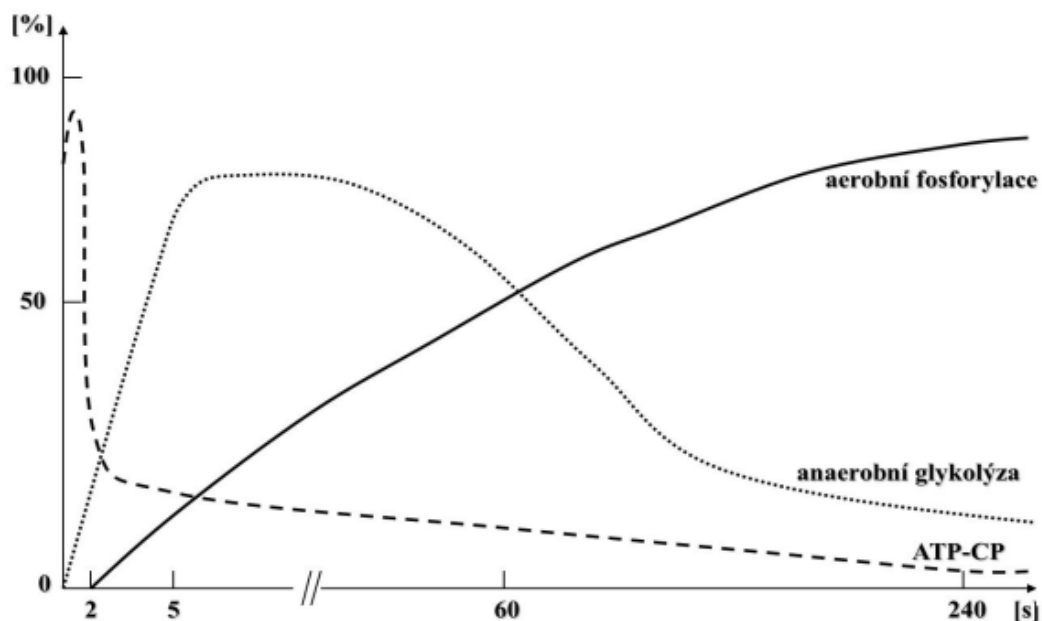
Podle Roubíka et al. (2018) se energie v organismu ukládá převážně ve dvou formách zásobních látek – glykogenu ve svalech a játrech a v tukové tkáni ve formě tricylglycerolů (tj. tři mastné kyseliny navázané na jedné molekule glycerolu). Ačkoliv lze využít jako zdroj energie i některé bílkoviny v lidském organismu, nejedná se o klasický zásobní zdroj, protože degradace tělesných proteinů je pro organismus vždy zátěží a děje se tak pouze v případech, které nejsou fyziologické (např. stresové hladovění). Ať už je využíván ze zásoby jakýkoliv energetický substrát, cílem je vytvořit z něj vždy energii ve formě ATP. ATP je totiž v lidském těle jediným zdrojem energie pro vlastní svalovou kontrakci, tedy k přeměně aktinu a myozinu na vytvoření aktomyozinového komplexu.

Organismus má k dispozici tři základní energetické cesty, jak zabezpečit poptávku pracujících svalů po dostatečném množství energie ve formě ATP, ať už anaerobně (bez přístupu O<sub>2</sub>) či aerobně (za spotřeby O<sub>2</sub>).

Hovoříme též o třech cestách resyntézy ATP:

- ATP-CP systém využívající makroergních fosfátů (anaerobní alaktátová cesta);
- anaerobní glyko(geno)lýza, tedy laktátová produkce ATP probíhající v cytoplazmě buňky a využívající jako výchozí zdroj sacharidy;
- oxidativní fosforylace odehrávající se v mitochondriích buňky, která štěpí aerobním a alaktátovým způsobem všechny živiny (sacharidy, lipidy a proteiny).

Jednotlivé systémy nepracují tak, že jeden ukončí svou činnost a druhý započne. Naopak, dráhy fungují současně, ale mění se jejich dominance především v závislosti na intenzitě zatížení a délce trvání pohybové činnosti. Významným faktorem je i trénovanost, resp. typ tréninku (silový, rychlostní, vytrvalostní apod.), který se podílí na vzniku sportovních adaptací velmi výrazně ovlivňujících zapojování jednotlivých metabolických systémů získávání energie pro svalovou práci. Obrázek 3 demonstuje časovou souslednost příspěvku základních metabolických cest na produkci ATP (Botek et al. 2017).



**Obrázek. 7** Zapojení energetických systémů a jejich přibližný podíl na získávání energie při vysoce intenzivní práci (Botek et al., 2017).

### 2.3.5 Sacharidy

Žádná jiná živina nevyvolává takový zmatek a kontroverzi v očích široké veřejnosti jako sacharidy. Ačkoliv se některé módní diety a různí výživoví extrémisté této makroživině vyhýbají, zastávají sacharidy životně důležité funkce jak v oblasti sportovního výkonu, tak pokud jde o zdraví obecně. V neširším slova smyslu jsou při provozování sportovních aktivit sacharidy naprosto klíčové pro rozvoj optimální výkonnosti, slouží zároveň jako základní, primární a preferovaný zdroj energie pro jakýkoliv svalový pohyb. Pro mozek a centrální nervovou soustavu jsou sacharidy nepostradatelné (Skolník & Chernus, 2011).

Tento názor zastávají také autoři Best, Kemps & Bryan (2005) a také poukazují na fakt, že v posledních čtyřiceti letech proběhly šetření dokazující, že chemie, struktura a funkce vyvíjejícího (i již vyzrálého) mozku je ovlivňována stravou. Vliv sacharidové glukózy na osoby provádějící kognitivní úkoly byl pozitivně ověřen. Existují i další sacharidy, které mohou mít vliv na kognitivní funkce (např. manóza, galaktóza, fukóza, xylóza, n-acetylglukosamin, kyselina n-acetyl-neuraminová a n-acetyl-galaktosamin).

Bylo prokázáno, že požití sacharidů (CHO) zvyšuje výkonnost při cvičení, zejména pokud se délka trvání blíží nebo přesahuje 90 minut. To je pravděpodobně způsobeno exogenním CHO umožňujícím udržení hladiny glukózy v krvi a současným šetřícím

svalovým glykogenem během dlouhodobé zátěže (Black, Schubert, Szczyglowski & Wren (2018). Studie sportovní medicíny podle Simonet, Gakuba, Desmeulles, Corouge, Beucher, Morello, Gerard, Ducloy-Bouthors, Dreyfus & Hanouz, (2020) ukázaly, že příjem sacharidů před a během fyzického cvičení zlepšil výkonnost kosterního svalstva a snižuje únavu. Vzhledem k tomu, že práce je intenzivní tělesná aktivita, a na základě fyziologie některé studie testují hypotézu, že ústní suplementace sacharidů může zlepšit výsledky práce.

Sacharidy řadíme mezi esenciální nutriety. Jedná se o sloučeniny tvořené v poměru jeden atom uhlíku a dva atomy vodíku na každý atom kyslíku. Jejich podíl na celkovém energetickém příjmu by se měl pohybovat okolo 50-70%, konzumovány by měly být především ve formě škrobovin. Mezi hlavní zdroje sacharidů je glukóza. Glukóza je nejrozšířenější sacharid, který je vytvářen rostlinami v procesu fotosyntézy (reakci chlorofylu a slunečního záření). Hlavním zdrojem sacharidu pro člověka je proto rostlinná strava – obiloviny, ovoce, zelenina. V Evropě je tímto zdrojem především pšenice, v Asii rýže a Jižní Americe kukuřice. Jediným zdrojem sacharidů živočišného původu pro člověka mléko a mléčné výrobky, v nichž je obsažený sacharid laktóza. Zásoby sacharidů, které mají živočichové uložené ve svalech a játrech, jsou po jejich usmrcení rychle rozštěpeny, proto maso nevyužijeme jako zdroj sacharidů (Klimešová & Stelzer, 2013).

### **Hlavní funkce sacharidů v organismu**

Sacharidy slouží jako hlavní energetický zdroj buněk (glukóza) a jsou důležitými zásobními látkami (glykogen). Stávají se také složkami sloučenin pro tělo (např. nukleových kyselin, ATP a četných koenzymů). Sacharidy tvoří rovněž komplexy a bílkovinami a tuky. Zásoby sacharidů v podobě glukózy v krvi a jaterního svalového glykogenu nejsou velké, proto je musíme denně konzumovat v naší potravě. V případě nedostatku sacharidů ze stravy se glukóza vytváří v játrech z nesacharidových zdrojů, zejména z proteinů, v procesu tzv. glukoneogeneze. (Klimešová & Stelzer, 2013).

Jak již bylo výše zmíněno, sacharidy zastávají hlavní energetický zdroj pro tělo, ale co je nejdůležitější, poskytují energii pro nejzřejmější funkce našeho těla, jako je pohyb nebo myšlení, ale také pro funkce „na pozadí“, které si většinou ani nevšimneme. Během trávení se sacharidy, které se skládají z více než jednoho cukru, štěpí na své monosacharidy trávicími enzymy a poté se přímo vstřebávají, což způsobuje glykemickou odezvu. Tělo využívá glukózu přímo jako zdroj energie ve svalech, mozku a dalších buňkách. Některé sacharidy nelze rozložit, a buďto je fermentují naše střevní bakterie, nebo procházejí střevem, aniž by

byly změněny. Zajímavé je, že sacharidy také hrají důležitou roli ve struktuře a funkci našich buněk, tkání a orgánů. (EUFIC, 2020)

## Glykemický index

Často označován GI. Zdaleka nejrozšířenějším a nejznámějším ukazatelem je glykemický index, který vyjadřuje rychlost trávení sacharidů v potravíně a jejich vstřebávání do krve neboli míru vzestupu krevní glukózy (glykémie) po konzumaci dané potraviny. Jedná se o bezrozměrnou veličinu, která srovnává nárůst hladiny krevní glukózy po požití stejného množství sacharidů ve formě čisté glukózy (Roubík et al. 2018). Nejvyšší hodnoty samozřejmě dosahuje čistá glukóza (hroznový cukr), která má hodnotu GI=100. Od této hodnoty, která byla určena jako tabelovaná (normována), se potom odvíjejí a srovnávají všechny hodnoty dalších potravin. I když nám „selský rozum“ říká, že čím nižší GI, tím lépe, není to tak docela pravda. Neznamena to, že nepotřebujeme rychlé sacharidy, ale jen to, že musíme vědět, kdy a v jakém množství je konzumovat. Nicméně pokud se výše mluvilo o GI=100 jako o nejvyšší hodnotě, dnes se již udávají potraviny s větším GI, nicméně není to tím, že by obsahovaly ještě rychlejší sacharidy, ale jde o různou kombinaci surovin jako např. kombinace chmelového sladu a alkoholu, tedy kombinace známá jako pivo, u nichž se uvádí hodnota GI=110 (Kulštejn, 2015).

Podle Louie, Markovic, Ross, Foote & Brand-Miller, (2015) sacharidy v potravě jsou hlavním faktorem určujícím hladiny glukózy v krvi. Bylo prokázáno, že sacharidové potraviny s nízkým glykemickým indexem (LGI) zlepšují postprandiální glykémii u zdravých netěhotných osob, jedinců s diabetem 1. typu a žen s diabetem mellitus, protože jsou tráveny a vstřebávány pomalu, což vede k nižšímu vzestupu postprandiální hladiny glukózy v krvi. Ukázalo se, že LGI dieta snižuje potřebu léčby inzulinem u diabetes mellitus.

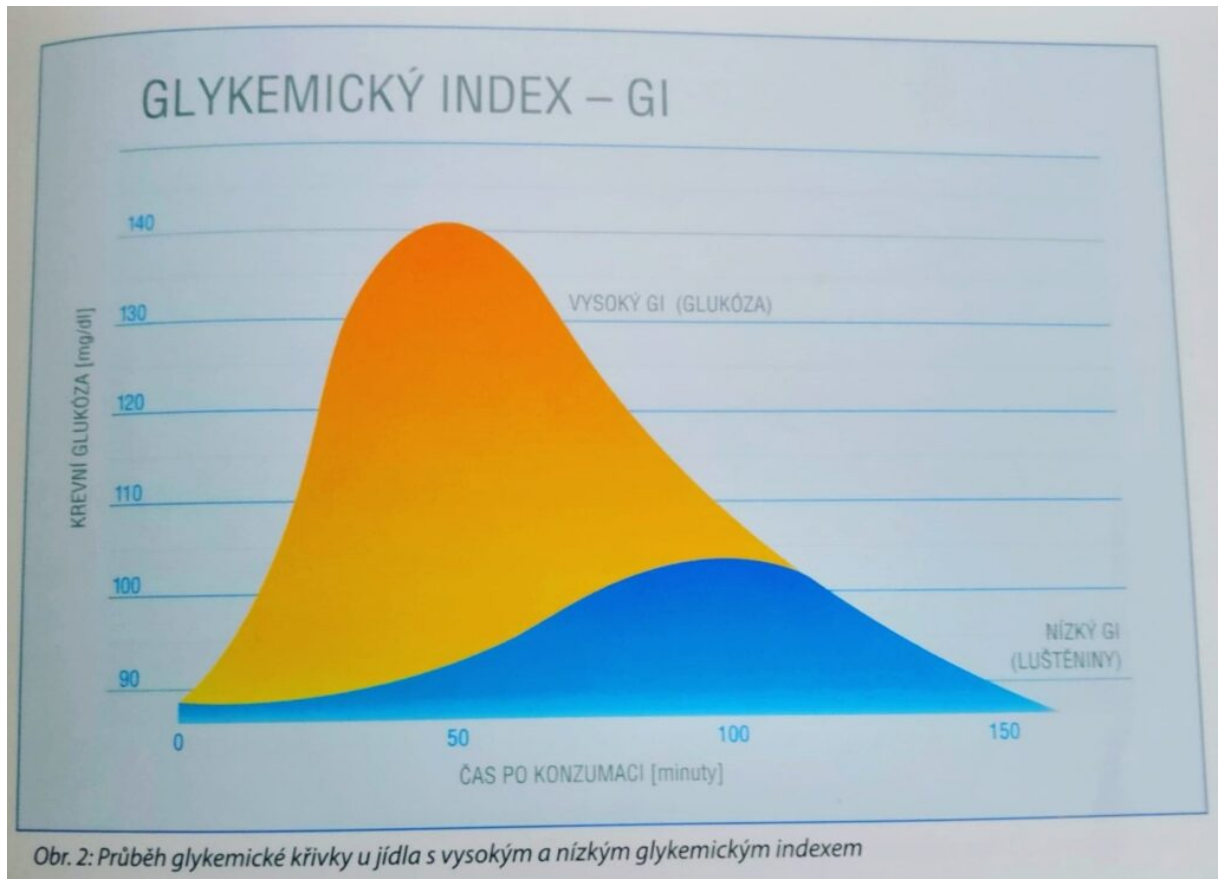
GI se měří nepřímo, protože se měří účinek potraviny, nikoli sacharidů jako takových, i když je účinek přisuzován uhlohydrátům a je počítán na uhlohydrátové bázi. Množství jídla použité při měření GI není nutně obvyklý příjem, ale je takové, které dodává stejné množství sacharidů (obvykle 50 g) jako referenční glukóza. (Monro & Shaw, 2008).

Obrázek glykemické křivky podle Kulštejna (2015, 14) s vysokým a nízkým glykemickým indexem. Z obrázku lze vyčíst, jak stoupá hladina cukru v krvi po jídle s vysokým GI (oranžová barva), zde má tedy rychlý nástup, jedná se o tzv. rychlé sacharidy.



Naopak jídlo s nízkým GI (modrá barva) zaznamenává pomalý nástup, tzn., jedná se o pomalé sacharidy.

„Glykemická zátěž (GL) je teoretická kumulativní expozice glykémie za určité časové období a je odvozena z glykemického indexu jako  $GI \times \text{příjem sacharidů}$ .“ (Monro & Shaw, 2008)



Obrázek 8: Průběh glykemické křivky u jídla s vysokým a nízkým glykemickým indexem (Kulštejn, 2015)

## Ovlivnění GI

Dle Kulštejna (2015) určuje hodnota GI rychlost uvolnění sacharidů z potravy do krve. Tato rychlost nevypovídá pouze o jejich druhu a složení, ale také o živinách, které jsou obsaženy ve stravě, a o samotném zpracování potravy.

Hodnota GI koresponduje:

- s obsahem bílkovin – jejich vyšší obsah zpomaluje trávení a uvolnění sacharidů
- s obsahem tuků – jejich obsah ve stravě prodlužuje trávení
- s obsahem vlákniny – vláknina je jedna z nejvlivnějších složek na snížení GI
- s kombinací s potravinami s nižším GI a kyselinami, tj. přidání zeleninové oblohy

- s tepelným zpracováním – jakákoliv tepelná úprava zvyšuje GI, a to až o desítky bodů (např. u brambor, když jsou vařené ve slupce, mají GI okolo 48-53, pokud jsou pečené v troubě, uvádí se hodnota 85-90) – mimochodem, uvedené hodnoty GI se mohou v různých zdrojích lišit o jednotky bodů.

### **Základní dělení sacharidů**

1. **Monosacharidy** jsou tvořeny jednou cukernou jednotkou – glukóza, fruktóza, galaktóza
2. **Disacharidy** tvoří dvě cukerné jednotky – sacharóza, laktóza a maltóza
3. **Polysacharidy** jsou tvořeny více než deseti monosacharidovými jednotkami, patří mezi ně např. glykogen, škrob či celulóza

Sacharidy můžeme také rozdělit na jednoduché (tzv. cukry) a komplexní. Mezi jednoduché sacharidy řadíme monosacharidy a disacharidy. Komplexní sacharidy jsou takové, jejichž zastoupení cukerných jednotek je vyšší než deset (Klimešová & Stelzer, 2013).

Podle Kleinerové & Robinsonové (2015) je jedním z důvodů, proč dávat přednost přirozené formě potravin vysoký obsah vlákniny. Vláknina je nestravitelná část potravin rostlinného původu. Působí především na střevní peristaltiku. Je také osvědčeným prostředkem v boji proti nežádoucím tukům. Výsledky výzkumu potvrdily, že jedinci s vyšším obsahem vlákniny ve stravě mají menší obvod pasu a regulace tělesné hmotnosti je pro ně snazší. Závěrem tedy je, že správné typy sacharidů vám mohou pomoci v regulaci tělesné hmotnosti. Vyhýbat byste se měli jednoduchým cukrům a upraveným potravinám obsahující cukry. Přesně tak, pokud budete postupovat cíleně, sacharidy mohou být nejlepší přítel sportovce a zajišťovat správné „palivo“ pro svaly ve správný čas. A naopak, pokud je konzumujete bez plánu a cíle, nahodile, mohou se ukládat jako tuk.

### **Metabolismus sacharidů**

Katabolismus i anabolismus sacharidů jsou přirozené procesy, které se v lidském těle a při sportu dějí prakticky neustále a navzájem se doplňují. Katabolismus sacharidů představují v organismu především dva základní procesy trávení (štěpení) sacharidů přijatých v potravě až na základní monosacharidy a glukózu a následná glykolýza, což je hlavní katabolický proces, při kterém je každou buňkou v těle (např. svalovou) získávána z glukózy vlastní energie. Druhým pro sportovce velice významným katabolickým procesem je

glykogenolýza, tedy štěpení svalového a jaterního glykogenu na glukózu. Hlavními cestami anabolismu sacharidů v lidském organismu je obrácený proces, a to syntéza glykogenu, a také velmi důležitá glukoneogeneze, což je syntéza glukózy z nesacharidových látek (Roubík et al. 2018).

Dle Kulštejna (2015) jsou metabolické procesy v těle, u nichž jsou přítomny sacharidy v různých formách, hrají nepostradatelnou roli v klíčových dějích našeho organismu:

- glykolýza, tedy odbourávání glukózy probíhá dvěma způsoby: anaerobní glykolýzou (glykolytickou fosforylací) – glukóza se mění na laktát při uvolnění energie ve formě ATP a aerobní glykolýzou (oxidativní fosforylací) – probíhá ve většině orgánů, jedná se o oxidativní štěpení glukózy
- glykogeneze – jejím cílem je tvorba jaterního či svalového glykogenu z glukózy, který slouží jako zásobárna pro udržení stálé hladiny glukózy v krvi, jež je ve svalech využívána jako místní zdroj energie
- glykogenolýza – opačný jev je glykogenem, rozklad glykogenu na glukózu
- glukoneogeneze – glukóza je při ní získávána z necukerných zdrojů, tedy z bílkovin, laktátu a z glycerolu (spalováním tuků).

### 2.3.6 Bílkoviny

Bílkoviny (neboli proteiny) jsou základním stavebním kamenem všech živých organismů na Zemi. V lidském těle se vyskytují v mnoha různých formách ve všech tkáních a mají mnoho rozlučných funkcí:

- strukturální – proteiny v pojivových tkáních a svalech, orgánech i kostech, např. kolagen
- enzymatickou – trávicí enzymy trypsin štěpící bílkoviny v potravě
- hormonální – např. známý hormon inzulin regulující hladinu krevní glukózy
- transportní – např. hemoglobin jako hlavní protein červených krvinek, který v lidském těle přenáší kyslík z plic do tkání a zpátky CO<sub>2</sub>
- ochrannou funkci – všechny krevní protilátky imunoglobuliny

Bílkoviny jsou zásadní pro vznik a udržení života, protože jsou jediným zdrojem dusíku v lidské potravě (základní biogenní prvek) a jediným zdrojem esenciálních aminokyselin, na jejichž příjem potravou je člověk rovněž odkázán. Ačkoliv mohou být v případě potřeby využity bílkoviny také jako zdroj energie pro organismus, na rozdíl od sacharidů a tuků jsou

v lidské potravě přijímány a využívány primárně jako stavební látky pro syntézu enzymů, hormonů, regenerací pojivých tkání apod. (Roubík et al. 2018).

### **Zdroje proteinů ve stravě**

Zdroje bílkovin mohou být původu:

- **živočišného** (zejména vejce, mléko, maso)
- **rostlinného** (zejména hrách, sója, fazole, čočka, obilniny, rýže, ořech)

Poměr živočišných a rostlinných bílkovin by měl být převážně 1:2, pro děti a fyzicky velmi aktivní jedince je pak doporučený poměr 1:1.

Zdroje bílkovin bychom měli vybírat především s ohledem na složení a množství tuku, který je v příslušné potravě obsažený. Ačkoliv mají živočišné bílkoviny vhodnější zastoupení esenciálních aminokyselin, obsahují obvykle také velké množství tuku s nasycenými mastnými kyselinami. Proto bychom v běžné dietě měli upřednostňovat rostlinné zdroje bílkovin, které jsou současně bohaté i na vlákninu a fytochemikálie. Z živočišných zdrojů je vhodné si vybírat potraviny s nižším obsahem tuku – například u mléčných výrobků polotučné varianty, z druhu mas ryby nebo drůbeží maso. Z rybího masa jsou vhodné druhy sladkovodních i mořských ryb, ale také maso dalších mořských živočichů. Toto maso zpravidla neobsahuje velké množství tuku, je tedy masem dietním lehce stravitelným. Výjimky však potvrzují pravidlo, proto mezi rybami se najdou i tučnější druhy, například makrela, sardinky, sardele, losos a sled'. Tuky, které tyto ryby obsahují, jsou převážně tuky nenasycené, které na rozdíl od nasycených živočišných tuků prospívají našemu zdraví (Klimešová & Stelzer, 2013).

Důkazy ukazují, že pokud obezita, nedostatečnost proteinů a svalové poškození koexistují, působí synergicky na riziko vzniku vícečetných zdravotních důsledků včetně zvýšeného rizika pádu, osteoporózy a zlomenin. Tyto výsledky jsou spojeny s více než milionem náhrad kyčelního a kolenního kloubu ročně. Takové stavy a výsledky jsou tradičně spojovány s našimi věkovými skupinami „starých“ (75-84 let) nebo „nejstarších“ věkových skupin (>85 let). Nicméně, sarkopenie s následným rizikem pádu, zlomeniny a s tím spojené artroplastické intervence se nyní začíná pozorovat v rekordních počtech v naší „mladé-staré“ populaci s nadváhou jedinců 51-74 let (Baer, 2013).

## Metabolismus bílkovin

I proteiny se mohou zapojit jako energetické zdroje pro resyntézu ATP za podmínky jejich rozkladu na AK (základní stavební jednotky proteinů) a jejich deaminace (odštěpení aminoskupiny  $-NH_2$ ). Aminokupina je přeměněna na amoniak (pro organismus toxický), který je enzymy změněn na močovinu (např. v játrech), jež přechází do krve a odtud do moči. Jde o tzv. ornitinový cyklus. Zbytek AK po deaminaci je vlastně kratší či delší uhlíkatý řetězec (carbon skeleton, „uhlíkatá kostra“), který je pak metabolizován dle toho, zda jde o AK glukoplastickou (sacharidům podobnou) či ketoplastickou (tukům podobnou). Výsledek je takový, že jsou těmito cestami vytvářeny dvouuhlíkaté zbytky, které vstupují formou acetylCoA do Krebsova cyklu, popřípadě různé uhlíkaté zbytky AK do Krebsova cyklu vstupují pomocí jiných jeho meziproductů. Z AK lze tedy získat energii pro resyntézu ATP stejně jako u tuků pouze aerobní cestou. Je to cesta velmi složitá, nejpomalejší a nejméně ekonomická. Využívají se při ní zejména AK leucin a isoleucin. Otázka pro tréninkovou praxi zní, proč u sportovců dochází k metabolizaci proteinů pro získání energie, přestože tuky představují téměř nevyčerpatelný energetický zdroj. K metabolizaci tuků je totiž vždy potřeba malého množství glukózy, neboť jeden ze vstupních produktů Krebsova cyklu (oxalacetát pojící se s acetyl-CoA) je primárně produkován glukózovým metabolismem (cestou pyruvátu). Proto se říká, že „tuk je spalován v plamenu cukrů“. Pokud poklesne zásoba glykogenu (glukózy) pod určitou mez, musí se organismus spoléhat při resyntéze ATP na vlastní svalové proteiny, aby byla udržena funkčnost Krebsova cyklu (Botek et al. 2017).

Podle Williamson, Kato, Volterman, Suzuki & Moore, (2019) je dobře prokázáno, že bílkoviny v potravě hrají důležitou roli jak při adaptaci na trénink, tak při obnově. Dietní aminokyseliny jsou nutné k nahrazení endogenních oxidačních ztrát a k poskytnutí stavebních kamenů pro opravu a přestavbu tělesné (včetně svalové) tkáně během obnovy. Obecně se připouští, že požadavky na bílkoviny jsou u sportovců zvýšené, což se odráží v současných, obecně nespecifických doporučeních ohledně konsensu o bílkovinách v potravě pro sportovce 1,2-2,0 g na 1 kg tělesné hmotnosti. Studie podle Zhang, Xu, Yang, Zhu & Liu, (2014) prokázaly, že zvýšení proteinů v potravě může snížit riziko cévní mozkové příhody díky svým příznivým účinkům na krevní tlak. Studie na zvířatech u potkanů se spontánní hypertenzí náchylností k cévní mozkové příhodě navíc ukázala, že u potkanů s dietou s vysokým obsahem bílkovin došlo k opožděnému nástupu cévní mozkové příhody.

Přibližně 10–15 % energetické spotřeby při běžné dvouhodinové tréninkové jednotce tak jde na vrub katabolismu proteinů. Sportovci by tudíž měli během tréninku dodržovat adekvátní příjem glukózy a tím šetřit vlastní svalové proteiny, jinak by mohla hrozit ztráta silového a vytrvalostního potenciálu. Náhrada ztracených proteinů se běžně odehrává ve fázi zotavení „přes noc“, avšak pokud jsou porušeny zásady dostatečného doplňování svalového glykogenu, mohou se objevit negativní efekty například další spotřebovávání vlastních svalových proteinů v následující tréninkové jednotce (Botek et al. 2017).

### 2.3.7 Tuky

Tuky neboli lipidy jsou širokou skupinou přírodních látek rostlinného i živočišného původu a třetí hlavní makroživinou v lidské výživě. Ačkoliv jsou tuky spojené zejména s představou podkožních tukových zásob, v lidském organismu mají lipidy a příbuzné lipidní látky velmi bohatou paletu důležitých a nenahraditelných funkcí. První a zásadní rolí lipidů je funkce živiny, přičemž tuky jsou ve skutečnosti vůbec nejkonzentrovanejším zdrojem (i zásobní formou) energie, který poskytuje zhruba dvojnásobné množství energie oproti bílkovinám a sacharidům. Tuky jsou také důležité pro vstřebávání vitamínů rozpustných v tucích (A,D,E,K) (Roubík et al. 2018, 213). Bertolaso, Groleau, Schall, Maqbool, Mascarenhas, Latham, Dougherty & Stallings (2014) uvádí, že každý vitamin rozpustný v tucích má mnohočetné a základní metabolické funkce pro lidské zdraví. Vitamin A je nezbytný pro normální vidění, celistvost epitelových buněk, proliferaci epitelů a imunitu. Vitamin D je nezbytný pro zdraví kostí a má roli v imunitní funkci a výskytu rakoviny, diabetes mellitus 1. typu, autoimunitní onemocnění a onemocnění srdce. Vitamin E zabraňuje oxidaci buněčné membrány a udržuje neurologické funkce a studie uvádějí roli v kognitivních funkcích u kojenců s CF. Vitamin K je nezbytný pro kalcifikaci kostí, koagulaci, energetický metabolismus a modulaci zánětu.

Tuky jsou zároveň hlavní a největší zásobní formou energie v organismu a na rozdíl od ukládání energie ve formě zásobních sacharidů, kde je množství glykogenových zásob v játrech a svalech limitováno, tvorba tukových zásob prakticky ničím omezená není, jak lze vidět u osob trpících morbidním stupněm obezity. Veškerá nadbytečně přijatá energie v potravě se totiž ukládá okamžitě do tukových zásob. Další nesmírně důležitou funkcí lipidů je strukturální a stavební funkce, protože tuky jsou zejména (ve formě fosfolipidů a cholesterolu) součástí naprosto všech buněčných membrán v organismu. Tuky plní některé strukturální a podpůrné funkce i na makroskopické úrovni, například tvoří tkáň fixující ledviny. S tím souvisí další ochranná funkce tuků, které představují mechanickou ochranu

vnitřních orgánů proti nárazům. Tuková tkáň zároveň plní důležitou roli v procesu termoregulace a tvoří tepelnou izolaci organismu. A konečně, lipidy jsou velmi důležitou výchozí látkou pro syntézu steroidních hormonů, ketolátek, žlučových kyselin, feromonů, prostaglandinů, fosfolipidů, glykolipidů a lipoproteinů (Roubík et al. 2018).

### **Zdroje lipidů ve stravě**

Stejně jako bílkoviny pocházejí tuky v naší stravě z rostlinných a živočišných zdrojů. Rostlinné a živočišné tuky mají stejnou a obecnou strukturu i chemickou skladbu, mají však rozdílné fyzikální vlastnosti. Rostlinné oleje mají při pokojové teplotě charakter kapaliny. Živočišné tuky jsou tuhé (Klimešová & Stelzer, 2013).

### **Metabolismus tuků**

Sacharidy představují rychlý zdroj energie pro resyntézu ATP nezbytného při svalové kontrakci. Tento zdroj však může být relativně rychle vyčerpán (za 1–2 h v závislosti na intenzitě zatížení). Resyntéza ATP při déletrvajících sportovních výkonech či trénincích tedy nemůže záviset čistě na metabolismu sacharidů. S prodlužujícím se zatížením roste i význam tuků (resp. MK) a částečně i proteinů (resp. AK) jakožto energetického zdroje. Zásoby tuku jsou uloženy zejména v adipocytech (tukových buňkách). U dospělého člověka je to bílá tuková tkáň, která obsahuje univakuolární adipocyty (mají uvnitř jednu velkou kapénku tuku). U novorozenců (popř. hibernujících zvířat) najdeme tzv. hnědou tukovou tkáň, jež je tvořena multivakuolárními adipocyty a jež má své důležité uplatnění při termoregulaci). Molekuly tuků (triglyceridy, triacylglyceroly, TAG) jsou tvořeny třemi uhlíkatými řetězci mastných kyselin (MK) navázanými na tříuhlíkatý alkohol zvaný glycerol. Z energetického hlediska jsou tuky téměř nevyčerpatelným zdrojem. V období sytosti (po jídle) dochází v adipocytech k aktivaci enzymu zvaného lipoproteinová lipáza (LPL). Tuto aktivaci zajišťuje hormon slinivky břišní inzulin. LPL má za úkol rozštěpit lipoproteinové komplexy putující krví a TAG v nich obsažené uskladnit do adipocytů. Při pohybové aktivitě (popř. i při hladovění nebo v chladu, obecně při stresové situaci) je aktivován jiný enzym zvaný hormon-senzitivní lipáza (HSL). Aktivace tohoto enzymu je jedním z mnoha úkolů stresového hormonu adrenalinu, popř. dalších hormonů uplatňujících se při zatížení. Inzulin tento enzym naopak inhibuje. Působením HSL během zatížení jsou tukové zásoby mobilizovány, svalová buňka tak může získávat energii z tuků. Funkce HSL spočívá v postupném rozštěpení TAG na glycerol a 3 volné MK. VMK se v krvi vážou na bílkovinu krevní plazmy albumin a takto mohou být transportovány do pracujícího svalu. Pro vstup VMK do (svalové) buňky se



využívá např. usnadněné difúze pomocí transportních proteinů. Protože se VMK zpracovávají aerobní cestou v mitochondriální matrix, je třeba, aby byla také překonána dvojice mitochondriálních membrán. Na vnější membráně dojde k aktivaci VMK pomocí CoA. CoA se pojí s VMK (za účasti enzymu acyl-CoA syntetázy), čímž vzniká tzv. acyl-CoA. Pro transport acyl-CoA přes vnitřní mitochondriální membránu je třeba L-karnitinu a enzymu acylkarnitintransferázy. (Botek et al. 2017).

### 2.3.8 Vitamíny

Vitamíny jsou nízkomolekulární organické látky esenciální pro život (organismus je nedokáže syntetizovat v dostatečném množství). Obvykle vystupující jako katalyzátory biochemických reakcí.

V současnosti se uznává 13 vitamínů:

- rozpustné v tucích: A, D, E, K,
- rozpustné ve vodě: C, B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12.

Funkce vitamínů jsou následující:

- regulátory (podobně jako hormony, např. vitamín D).
- kofaktory (koenzymy) enzymů, části prostetických skupin,
- antioxidanty (vitamín C, E, A, B3),
- přenašeče chemických skupin, elektronů apod.

(Botek et al. 2017)

Četné studie již prokázaly, že zvýšený příjem ovoce a zeleniny hraje zásadní roli při určování stavu kostních minerálů. To by mohlo být v korelaci s reaktivními meziprodukty kyslíku zapojenými do procesu kostní resorpce; dále, příjem antioxidantů může snížit oxidační stres. Kromě toho, antioxidanty jsou základními faktory pro tvorbu kolagenu a syntézu hydroxyprolinu (Zhou, Shao, Wang, Miao a Wang, 2020).

Dle De-Regil, Jefferds a Pena-Rosas, (2017) přibližně jedna miliarda lidí na celém světě má nedostatek nejméně jednoho vitamínu nebo minerálu. Nedostatek železa, vitamínu A, zinku a jódu je velmi častý u dětí předškolního věku a školního věku, což omezuje jejich zdravotní stav a denní fyzickou výkonnost. Anémie, stav, kdy červené krvinky mají omezenou schopnost přenášet kyslík, často vyústí po dlouhodobém nedostatku železa.



Vitamin A významně ovlivňuje regulaci vrozených (prostřednictvím přirozených zabíjáčkových buněk, makrofágů a neutrofilů) a buněčnou imunitu (prostřednictvím růstu a diferenciaci B buněk). Hraje také roli v zánětlivé odpovědi, když je aktivní v signalizaci cytokinů a humorální protilátkové imunitě. Například, vit A a některé další retinoidy mohou zvýšit účinnost interferonů typu 1, což je významný antivirový cytokin uvolňovaný vrozeným imunitním systémem (Lai, Chang, Yang, Lin, Lai, Lin a Chang, 2021)

Vitamin C, také známý jako kyselina L-askorbová, je druh vitamínu rozpustného ve vodě, který existuje v krvi a buňkách ve formě snížené kyseliny askorbové. Klinicky se vitamin C používá především k léčbě kurdějí a také k adjuvantní léčbě různých akutních a chronických infekčních onemocnění. Vitamin C je základním vitamínem pro lidský imunitní systém, který může zvýšit imunitu organismu vůči virům mnoha způsoby (Huang, Wang, Tan, Liu, Ni, 2021).

Vitamin D je rozpustný v tucích a je nezbytný pro homeostázu vápníku. Naše kůže syntetizuje Vit D endogenně, protože je vystavena ultrafialovému-B záření ze slunečního záření. Je také široce spojen s potlačením cytokinové bouře a posílení imunitních reakcí, ať už vrozených nebo adaptivních, které nás chrání proti virové infekci. Bylo prokázáno, že doplnění Vit D účinně bojuje proti stavům, jako je tuberkulóza, astma a chronická obstrukční plicní nemoc. Vitamin E (Vit E) je antioxidant rozpustný v tucích, který zabraňuje poškození integrity buněčných membrán volnými radikály. Zkoušky na zvířatech prokázaly, že deficit Vit E narušuje buněčně zprostředkovanou i humorální imunitní funkci (Lai, Chang, Yang, Lin, Lai, Lin a Chang, 2021).

Jako typické příklady poruch spojených s vitamínovým deficitem můžeme uvést zhoršení nočního vidění a vysychání rohovky při nedostatku vitamínu A, nemoc nervového systému při nedostatku B1, systémové onemocnění zvané pelagra při nedostatku B3, anémii (chudokrevnost) při nedostatku B12, kurděje (skorbut) při nedostatku vitamínu C, rachitidu (křivici) při nedostatku vitamínu D nebo zvýšenou krvácivost při nedostatku vitamínu K (Botek et al. 2017, 12).

## **2.4 Tělesné složení**

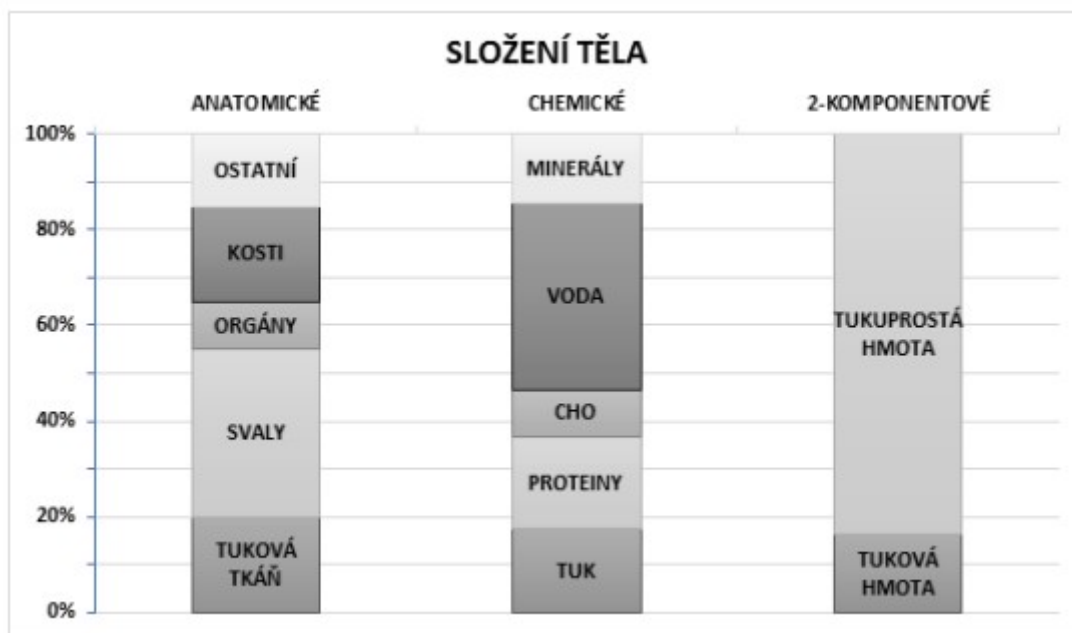
Základním morfologickým parametrem, ze kterého je nutno vycházet při hodnocení dynamiky lidského pohybu, je hmotnost těla. Vzhledem ke složitosti tohoto parametru je však nutno zkoumat i jeho komponenty (frakce), které lze z hlediska pohybových projevů označit

jako aktivní a pasivní složky. Studie týkající se tělesného složení se v současné době zaměřují na změny podílu jednotlivých tělesných frakcí v různých fázích ontogeneze, především v období růstu a stárnutí, změny v důsledku působení tělesné zátěže a sportovního tréninku, změny tělesného složení u různých metabolických onemocnění, klinických syndromů, tělesně postižených klientů nebo klientů s různými psychickými onemocněními. Působení tělesné zátěže na lidský organismus je ze somatometrického hlediska posuzováno hlavně změnami frakcionace tělesné hmotnosti – především úbytku tukové a nárůstu svalové frakce, případně kosterní složky. Úroveň jednotlivých frakcí celkové tělesné hmotnosti rovněž vypovídá o aktuálním zdravotním stavu a výživě. Pravidelné sledování tělesného složení může být využito k monitorování efektivity pohybového zatížení, ke sledování vhodné či nevhodné zvolených tělesných cvičení při snaze o úpravu tělesné hmotnosti. Informace o proporcionalitě lidského těla, konstituci a tělesného složení považujeme za jednu z důležitých komponent zdravotně orientované zdatnosti. Stavba těla, tělesné složení a tělesné rozměry jsou podstatnými faktory motorické výkonnosti a fyzické zdatnosti (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Podle Blacka, Allena, Forrester a Follanda, (2020) se absolutní náklady na energii zvyšují s větší tělesnou velikostí a konkrétně s tělesnou hmotností, takže větší tělesná hmotnost je přímo spojena s vyššími absolutními náklady na energii. Vliv tělesné hmotnosti na absolutní energetické náklady by mohl čistě odrážet rozdíly ve velikosti těla, ale může také odrážet rozdíly ve složení těla (tj. tuk, kosti a/nebo libová [tj. netučná a nekostní] hmotnost)

Frakcionaci hmotnosti těla je možno chápat ze dvou aspektů - jako podíl jednotlivých tkání na celkové hmotnosti těla – tělesné složení (body composition), - z aspektů hodnocení hmotnosti jednotlivých tělesných segmentů jako článku kinematického řetězce (distribuce hmoty těla). Jako první, kdo vypracoval myšlenku frakcionace tělesné hmotnosti, byl český antropolog Matiegkov (1921). Relativně méně pozornosti bylo ve funkční antropologii věnováno hmotnosti tělesných segmentů, i když je tento problém rovněž poměrně starého data. První práce byly publikovány již v minulém století Harless (1860), Braune (1889), Fischer (1906). Jejich údaje pochází ze sekvenčních materiálů, získaných jen na malých počtech osob, přesto řada novějších prací vychází z těchto materiálů (Riegerová et al., 2006).

### 2.4.1 Modely tělesného složení

Původní pohled na komponenty tělesného složení byl dán chemickým či anatomickým modelem. Chemicky je tělo tvořeno tukem, bílkovinami, sacharidy, minerály a vodou. Tento klasifikační systém je preferován ve vztahu k tělesným energetickým zásobám. Anatomicky je tělo tvořeno tukovou tkání, svalstvem, kostmi, vnitřními orgány a ostatními tkáněmi. Anatomický klasifikační systém je preferován v těch případech, kdy jsou studovány vlastní otázky tělesného složení (Riegerová et al., 2006).



Obrázek 9: Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno podle Wilmora 1992)

Popis modelů tělesného složení dle Riegerové et al., (2006):

**Anatomický model** – vychází ze zastoupení jednotlivých prvků v organismu. 98% tělesné hmotnosti je kryto šesti prvky: O, C, H, N, Ca, P, zbývající 2% představuje dalších 44 prvků.

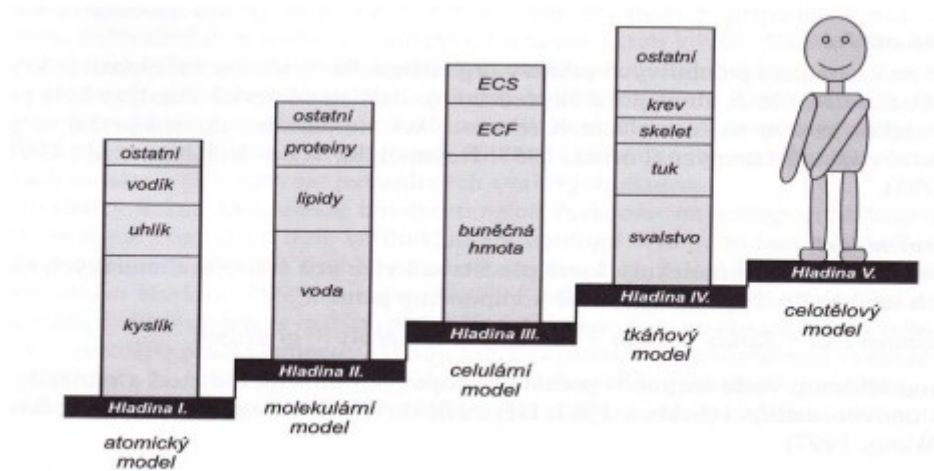
**Molekulární model** – 11 hlavních prvků tvoří molekuly, které představují více než 100 000 chemických sloučenin tvořících lidské tělo. Hlavní sledované komponenty jsou: Hmotnost těla = lipidy + voda + proteiny + minerály + glykogen

**Buněčný model** – je založen na spojení jednotlivých molekulárních komponent v buňky. V této souvislosti vystupuje do popředí pojem: extracelulární tekutina (ECT) = plazma intersticiální tekutina (94% tvoří voda, zbytek a další organické a neorganické komponenty). Z toho vyplývá rovnice: Hmotnost těla = buňky tukové tkáně + BM (svalové, pojivové,

epiteliální, nervové buňky) + ECT (plazma + intersticiální tekutina) + ECPL (organické a anorganické látky)

**Tkáňový-systémový model** – vychází z organizace molekul do tkání – kostní, svalové a tukové. Hmotnost těla = muskuloskeletální + kožní + nervový + respirační + oběhový + zaživací + vyměšovací + reprodukční + endokrinní systém

**Celotělový model – antropometrická měření** – tělesná výška, hmotnost, hmotnostně-výškové indexy, délkové, šířkové, obvodové rozměry kožní řasy, objem těla a z něj zjišťovaná denzita těla, která vypovídá o aktivní tělesné hmotě a depotním tuku.



Obrázek 10. Pětistupňový model tělesného složení člověka (upraveno dle Heymsfield, Waki, Kehayas at al., 1991).

V praxi je nejpoužívanější dvoukomponentový model. Lidské tělo je děleno na dvě základní komponenty – tuk (fat mass, FM) a tukuprostou hmotu (fakt-free mass, FFM). Behnke a Wilmore (1974) in Riegerova (2006) zavedli termín „lean body mass“ (aktivní tělesná hmotu). Termín lean body mass původně představoval tukuprostou hmotu plus malé množství tzv. esenciálního špatně odlišitelného tuku – u žen tvoří 5-8%, u mužů 2-3%. Vzhledem k nemožnosti odlišení esenciálních a neesenciálních lipidů je v současné době doporučováno používat koncepci tukuprosté hmoty, která je definována jako hmotnost všech tkání mínus extrahovatelný tuk. Dřív byl používán termín aktivní tělesná hmotu – ATH (lean body mass – LBM)

Tříkomponentový model rozlišuje v rámci tělesného složení tuk, vodu, a sušinu (proteiny, minerály). V praxi byl zjednodušen na podíl tuku, svalstva a kostní tkáně. Čtyřkomponentový model specifikuje hmotnost jako tuk + extracelulární tekutina + buňky +

minerály. Chemické složení tukuprosté hmoty (FFM) e považováno relativně kontaktní s obsahem vody 72-74% a obsahem draslíku 60-70 mmol/kg u mužů a 50-60 mmol/kg u žen. Densita FFM je 1,1 g/cm<sup>3</sup> při 37°C.

Metody pro odhad tělesného složení dále dělíme na laboratorní a terénní metody. Vybrané laboratorní metody jsou současně referenčními metodami. Pro terénní praxi jsou náročné z hlediska technického vybavení, nároků na odbornost obsluhy, organizační možnosti (probandi se musí dostavit do laboratoře, vyšetření trvá delší dobu) a cenové relace přístrojové techniky. V současné době jsou nejčastěji používanými laboratorními metodami denzitometrie, hydrostatické vážení a metoda DEXA, případně hydrometrie a měřené celkového tělesního draslíku, které slouží jako standardy pro hodnocení validity metod založených na jiných principech. Metoda DEXA je považována za referenční metodu (Riegerová et al., 2006).

#### **2.4.2 Metody odhadu tělesného složení**

Pro děti i dospělé existují četné metody hodnocení složení těla a nutričního stavu. Většina z nich je založena na modelech bikompartmentální analýzy složení těla (hmotnost tuku [FM] a hmotnost bez tuku [FFM]), ačkoli existuje více metod, které poskytují další informace o jiných kompartmentech. V současné době schopnost identifikovat osoby s nutričními riziky učinila studium složení těla zásadním pro pokusy zdravotnických odborníků zlepšit jejich zacházení s nemocemi a jejich prevenci. Kromě toho obezita jako rizikový faktor u různých onemocnění, nutriční nedostatky ve vztahu k chronickým subjektům (syndrom získaného selhání imunity, anorexie nervosa a další) nebo prostě touha po lepším vzhledu vedly k většímu využívání metod, které hodnotí složení těla (Rodriguez, Moreno, Sarria, Fleta & Bueno, 2000).

#### **2. 4. 3 Antropometrie**

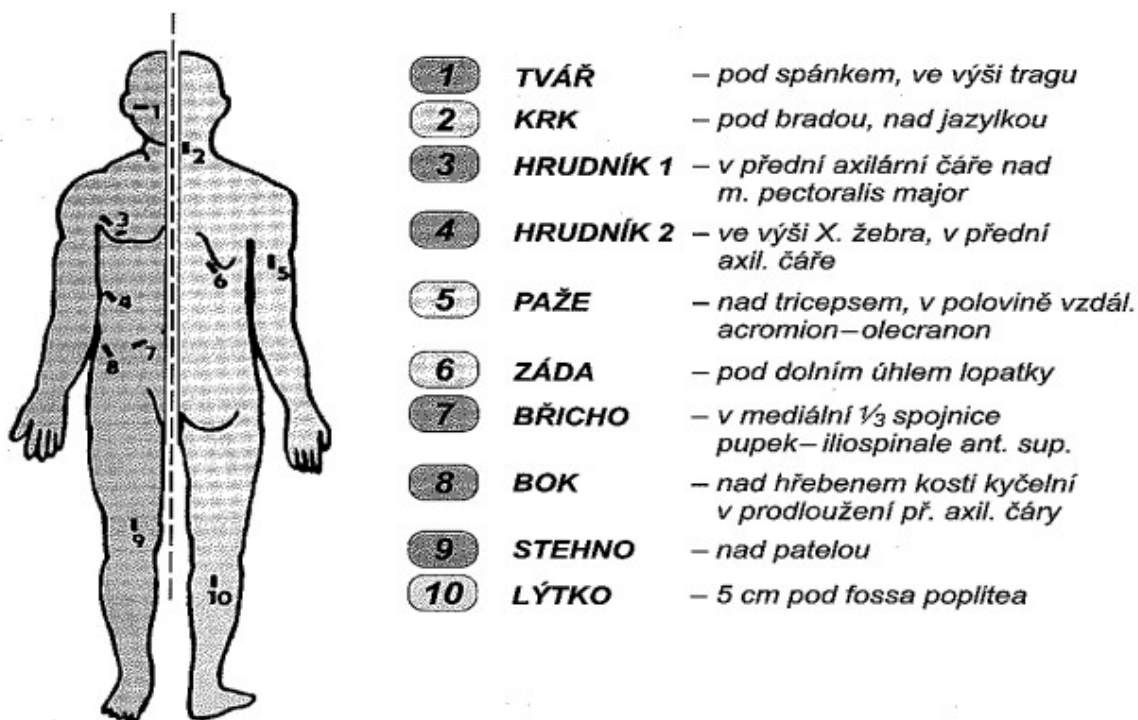
Antropometrické metody patří k metodám terénním a slouží k odhadu tělesné složení pomocí antropometrických rozměrů. S pojmem tělesné složení se poprvé setkáváme u Matiegky (1921) in Riegerova et al.(2006), který se pokusil o kvantifikaci tělesných komponent na základě zevních (antropometrických) rozměrů těla. Od dob Matiegkových byla vypracována řada dalších postupů pro odhad tělesného složení z antropometrických rozměrů, a to více než u 100 populačních skupin, s použitím kosterních rozměrů, obvodových měř a nejčastěji z tloušťky kožních řas měřených různými typy kalibrů. El-Koofy, Soliman, Elbarbary, Garhy, Sheba & Fouad (2020) uvádí, že antropometrická opatření pro predikci

tělesného tuku zahrnuje BMI, obvod pasu (WC) a tloušťku kožní řasy s určitými praktickými omezeními. Navrhované způsoby zahrnují zobrazovací techniky, jako je například dvouenergetická rentgenová absorpciometrie (DEXA), magnetická rezonance (MRI) a výpočetní tomografie. Další metodou je bioelektrická impedanční analýza, která odhaduje svalovou hmotu a tělesný tuk využitím malého elektrického přílivu. Tyto postupy vyžadují nezbytné přípravy a některé z nich s sebou nesou riziko ozáření, což je činí nevhodnými pro běžné klinické služby. Podle Gua, Schaube, Mora, Jia, Kocha & Heindla (2020) „Antropometrie umožňuje objektivní a kvantitativní analýzy velikosti, hmotnosti a proporcí v lidském těle k doplnění vizuálního hodnocení“. U nás nejčastěji používanou metodou je odhad tělesného složení ze součtu deseti kožních řas podle Pařízkové (1962). Stále se význačně uplatňuje i původní Matiegkova metoda, či její modifikace podle Drinkwata (1980) (Riegerová et al., 2006).

Běžná antropometrie se tradičně používá k získání posouzení tělesného složení a vyžaduje speciálně vyškolený personál. Jiné validované metody měření složení těla nejsou v současnosti mimo výzkumné prostředí k dispozici. Žádoucí je neinvazivní, jednoduchá a přesná technika, která umožňuje zhodnotit tělesnou skladbu. Bioelektrická impedanční analýza (BIA) je snadno dostupná a neinvazivní technika pro monitorování tělesného složení (Mehta, Raphael, Guteirrez, Quinn, Mitchell, Litman, Jaksic & Duggan (2014).

### **Odhad podílu tuku podle Pařízkové**

Podíl tuku podle Pařízkové (1962) in Riegerová et al., (2006) je vypočítán z regresních rovnic pro různé věkové skupiny 9-12, 13-16, 17-45 a pro každé pohlaví zvlášť na základě měření deseti kožních řas.



Obrázek: 11 Lokalizace a průběh kožních řas (Riegerová et al., (2006)

#### 2.4.4 Biofyzikální a biochemické metody

Kromě kaliperace byly pro měření tloušťky kožních řas vyvinuty i další metody. Tyto metody se pokouší odstranit technické chyby při měření kaliperem. Uvedené přístupy jsou založeny na podobných principech jako kaliperace a v tomto důsledku je omezení jejich přesnosti stejné jako při použití kaliperu. Mezi tyto metody řadíme radiografii, ultrazvuk, infračervenou interakci, magnetickou rezonanci, senzimetrii, hydrostatické vážení, voluminometrii, pletysmografii, hydrometrii a bioelektrickou impedanci, které bych se rád věnoval více, jelikož je to metoda, se kterou pracuji ve výzkumu své diplomové práce.

#### 2.4.5 Odhad podílu tuku podle bioelektrické impedance (BIA)

Obezita se stává celosvětovým zdravotním problémem ve vyspělých zemích. Obezita, zejména její centrální břišní forma, představuje vysoké riziko mortality a kardiovaskulárních onemocnění. Proto je důležité a nezbytné pečlivě sledovat tělesnou skladbu. Měření antropometrie, jako je body mass index, obvod pasu a poměr pasu a kyčle, jsou užitečné při odhadu složení těla. Přesnější metody, jako například bioelektrická impedanční analýza (BIA) je platná technika při odhadu složení těla. Zařízení používající tuto techniku jsou bezpečná, neinvazivní, pohodlná, snadno použitelná a levná (Wang, Zhang, Chen, Li, Cheng, Xu, Guo, Zhao, Sato, Cao, Chen & Li, 2013).



Používání určitých metod je omezené, protože jsou nejen drahé, ale vyžadují sofistikované vybavení, specializovaný personál a dlouhé lhůty pro každý odhad. V klinických aplikacích a terénních studiích je vhodnější posoudit složení těla antropometrickými metodami a bioelektrickou impedancí (BI), které jsou sice méně přesné, ale jsou rychlejší a jednodušší (Rodriguez et al., 2000).

Dle Graybeal, Moore, Cruz & Tinsley, (2020) modulace parametrů tělesné skladby je společným cílem pro zdraví a fyzickou výkonnost. U sportovců je žádoucí dosáhnout nízkého množství tukové hmotnosti (FM), stejně jako narůstání beztukné hmotnosti (FFM). Zvýšené množství FFM může zvýšit některé výkonnostní proměnné a úspěch ve sportu, a soutěžní úspěch v některých sportech může být zvláště závislý na tělesné skladbě (např. tělesné zdatnosti). Ke změně složení těla se obvykle používají cvičení a nutriční manipulace. Pro náležité vyhodnocení účinnosti těchto úprav životního stylu jsou zapotřebí platné metody odhadu tělesného složení. Terénní metody, jako je antropometrie, kožní řasy a zařízení založená na impedanci, umožňují rychlé a pohodlné hodnocení velkých skupin, i když je to obvykle na úkor optimální přesnosti. Přestože kožní řasy jsou velmi cenově dostupné a poměrně snadno použitelné, dovednost posuzovatele může znatelně ovlivnit platnost a spolehlivost odhadů složení těla. Zařízení na bázi impedance, jako je bioelektrická impedanční analýza (BIA) a bioimpedanční spektroskopie (BIS), však vyžadují minimální výcvik k zajištění spolehlivých výsledků. Liang, Su & Lee (2000) uvádí že, „bioelektrická impedanční analýza (BIA) má vysokou spolehlivost a je neinvazivní, rychlá, bezpečná a relativně přesná, vzbudila značný zájem o použití jako terénní testovací technika ke studiu složení těla“.

Thomas et al. (1992) in Riegerová (2006) definuje bioelektrickou impedanci jako metodu neinvazivní, relativně levnou, terénní, bezpečnou a v poslední době velmi rozšířenou po celém světě. Lze ji využívat pro stanovení konkrétních parametrů u zdravých jedinců i u pacientů s různými klinickými problémy. Princip této metody spočívá na rozdílech v šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách. Tukuprostá hmota, obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů, je dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor. Aplikace konstantního střídavého proudu nízké intenzity vyvolává impedanci vůči šíření proudu, závislou na frekvenci, délce vodiče, jeho konfiguraci a průřezu. Hodnota odporu tkáně tzv. bioelektrická impedance je nepřímo úměrná objemu tkáně, kterou elektrický proud prochází.



Je známo, že změny v distribuci vody z těla a zvýšení průtoku krve a teploty kůže mohou změnit bioelektrickou vodivost. Vzhledem k tomu, že metoda BIA je založena na principu, že elektrická vodivost libové tkáně je mnohem vyšší než elektrická vodivost tuku, jakákoli změna FFM by mohla ovlivnit měření BIA rezistence a reaktivity. Teorie bioimpedance vychází z konceptu, že lidské tělo je iontový vodič, jehož odpor závisí na délce a průřezu, iontovém složení vodivého objemu a frekvenci hnacího proudu. Díky této bioelektrické vodivosti je ovlivněna obsahem elektrolytů v libové svalové hmotě, tělesné buněčné hmotě a celkové tělesné vodě (Liang et al., 2000).

Pečlivá standardizace je nutná ke snížení účinků faktorů, které podkopávají přesnost každé metody. Přesnost dané metody a z ní odvozených rovnic pro posouzení složení karoserie je určena její schopností správně posoudit části karoserie a variabilitou (přesností) opakovaných měření. Variabilita je zase určována přesností samotného měřicího přístroje, rozdíly mezi jednotlivými pozorovateli, faktory ovlivňující stav hydratace, tělesnou a pokojovou teplotu, polohu pacienta, cirkadiánní změny, příjem potravy a některé technické aspekty (Rodriguez et al., 2000).

Pro odborné studie je vhodné využívat tetrapolárních přístrojů pro stanovení BIA, kdy jsou k dispozici čtyři elektrody – dvě jsou umístěny na dolní končetině a dvě na horní končetině u ležící osoby. V komerční sféře se využívá bipolárních přístrojů. Bipolární BIA je označovaná jako ruční, kdy elektrický proud probíhá pouze horní částí těla nebo bipedální, nožní, kdy elektrický proud prochází dolní částí těla. Pro měření BIA je komerčně vyráběna řada Artur, většinou využívající excitační proud 800  $\mu$ A s frekvencí 50kHz.

Analýza tělesného složení na základě bioelektrické impedance představuje analýzu hmotnosti ve smyslu: tukové složky, aktivní tělesné hmoty, obsahu celkové vody, obsahu extracelulární a intracelulární vody, stupně bazálního metabolismu. Metoda BIA je velmi citlivá na stav hydratace organismu, což může být její výhodou i nevýhodou. Dále záleží na termoregulaci a povrchové teplotě kůže. Stav hydratace organismu může způsobit dle Bunce et al. (2001) in Riegerová (2006) chybu měření 2-4%. Aktuální hodnoty tělesného složení získané metodou BIA jsou ovlivněny také množstvím svalového glykogenu (Luskaski, 1987; Graves 1989) in Riegerová (2006), vliv hraje předchozí tělesné zatížení především anaerobního charakteru. Pokud nedojde ke kontrole hydratace, doby odstupu od pohybové činnosti či příjmu potravy, může dojít k podhodnocení procentuálního zastoupení podkožního tuku (Havlíčková et al., 1999) in Riegerová (2006). U vysoce trénovaných jedinců

s extrémními parametry tělesného složení mohou predikční rovnice poskytnout chybné údaje (Bunc et al., 2000) in Riegerová et al. (2006).

### **3. Cíl**

#### **Hlavní cíl**

Hlavním cílem je sledování změn tělesného složení u osob s obezitou zapojených do tříměsíčního intervenčního programu zahrnujícího redukční dietu a pohybovou aktivitu. Tělesné složení bude sledováno metodou bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje Tanita BC 601.

#### **Dílčí cíle**

1. Sledování tělesné hmotnosti před a po intervenčním programu.
2. Sledování BMI před a po intervenčním programu.
3. Sledování komponent tělesného složení před a po intervenčním programu.
4. Sledování celkové tělesné tekutiny a metabolického věku před a po intervenčním programu.

#### **Výzkumné hypotézy**

H1: Existuje statisticky významný rozdíl mezi hmotností před a po tříměsíčním intervenčním programu.

H2: Existuje statisticky významný rozdíl mezi BMI před a po tříměsíčním intervenčním programu.

H3: Existuje statisticky významný rozdíl mezi tělesným složením před a po tříměsíčním intervenčním programu.

## **4. Metodika**

### **4.1 Výzkumný soubor**

Výzkumný soubor tvořilo 20 klientů mužského i ženského pohlaví. Zastoupení mužů a žen je v tomto výzkumu stejné – 10 klientů jsou ženy a 10 muži, české národnosti, u kterých bylo provedeno vyšetření tělesného složení bioelektrickou impedancí pomocí přístrojové techniky Tanita BC 601. Dále byli klienti rozděleni do kategorií dle jejich BMI z čehož vznikly tři skupiny a to nadváha, obezita 1. Stupně a obezita 2. – 3. Stupně.

Jednalo se o klienty, kteří podstoupili tříměsíční intervenční program, jenž zahrnoval pohybovou aktivitu a nastavení redukčního jídelníčku. Klienti se dostavovali dvakrát týdně na silový trénink ve formě full body tréninku do posilovny Monkey Gym v Opavě, pod vedením silově-kondičního trenéra, a také měli nastavené kardio cvičení na doma, dle jejich vlastních možností. Klienti se podrobili nutriční anamnéze, ve které byly vypočteny hodnoty jejich bazálního metabolismu a jídelníček byl nastaven na zhruba 1500kJ nad hodnotu bazálního metabolismu. Rozložení makroživin bylo zastoupeno z 30% bílkovinami, ze 40% sacharidy a z 30% tuky. Jídelníček vycházel ze základní pestré stravy a byl rozdělen na 6 porcí. Jednou měsíčně se klienti také dostavovali na intervenční kontrolu a konzultaci.

### **4.2 Metody sběru dat – měření**

Společnost Tanita je světoznámý výrobce, který nabízí širokou škálu osobních vah a tělesných analyzátorů. Tělesná analýza probíhá na principu bioimpedanční metody, kdy během několika málo vteřin je znám vysoce přesný výsledek složení těla. Tanita BC 601 je vybavena 4 nožními a 4 ručními elektrodami. Váha využívá k zjištění tělesného složení bioelektrickou impedanční analýzu BIA.

### **Měřené hodnoty a jejich zdravé rozmezí:**

- Procento tělesného tuku s indikátorem zdraví,
- svalová hmota s přesností na 100g,
- kostní hmota s přesností na 100 g,
- metabolický věk,
- celková tělesná tekutina v 0,1%,
- denní příjem kalorií a kjoulů, doporučený denní příjem
- viscerální tuk s indikátorem zdraví.

U procenta tělesného tuku se za zdravé rozmezí u žen považuje hodnota okolo 18-30%, zatímco u mužů zhruba 8-20% tělesného tuku. Přibližná linie průměrné celkové tělesné vody se pohybuje v procentech pro ženy mezi 45 – 60% a u mužů mezi 50 – 65%. Hodnota viscerálního tuku se hodnotí na stupni od 1 – 59, přičemž rozmezí 1 – 12 znamená zdravé rozmezí a rozmezí 13 – 59 znamená, že je hodnota viscerálního tuku zvýšená a je zapotřebí upravit životní styl změnou stravovacích návyků, či zvýšením tělesné aktivity. Metabolický věk spočítá na základě klientova BMR průměrný věk. Pokud je tento věk vyšší, než skutečný věk, je třeba zlepšit bazální metabolismus. Zvýšená tělesná aktivita pomůže zvýšit objem svalové tkáně a snížit metabolický věk. Při měření svalové hmoty se ukazuje hmotnost příčně pruhovaných i hladkých svalů, včetně vody v nich obsažené. Funkce měření kostní hmoty v těle změří úroveň kostních minerálů, množství kalcia a ostatních minerálů. (Tanita, 2021)

### **Zásady měření**

Naměřené hodnoty dokáže váha Tanita BC 601 dále rozdělit do 5 segmentálních hodnot, vzhledem k tomu, že je vybavena 4 nožními a 4 ručními elektrodami.

Při samotném měření klient stojí na 4 plochách pro chodidla na váze a jemně tlačí rukama elektrody, které jsou pohodlně uloženy současně s displejem na zasunovacích kabelech. Váha poté zašle slabý signál (50kHz) z 8 elektrod z paží a nohou skrz tělo. Odpor tohoto měření (BIA) je poté dosazen do vzorců ke zjištění přesných a osobních tělesných dispozic. (Tanita, 2021)

Před měřením by se měla měřená osoba vyvarovat podmínkám, které by mohly výsledek měření ovlivnit a měli bychom se vyhnout pacientkám v raných stádiích těhotenství, pacientům s pace markerem, ženám a dívkám v době premenstruace a menstruace, podobně jako pacientům užívajícím léky, ovlivňující vodní režim v organismu a osobám s implantáty (kardiostimulátor, kyčelní protéza). Získání objektivních hodnot a přesných výsledků je dáno dodržováním konkrétních standardních podmínek:

- nejíst a nepít po dobu 4-5 hodin před testem,
- necvičit po dobu 12 hodin před testem,
- nepožívat alkohol po dobu 24 hodin před testem,
- vyprázdnit močový měchýř před testem, organismus opětovně zavodnit neslazenou tekutinou,
- přesné umístění elektrod a běžná teplota v místnosti.

Riegerová et al. (2006)

Osoba, která je vyšetřována na váze Tanita BC 601 by měla být řádně obeznámena s návodem obsluhy přístroje. Významným faktorem je také vnější teplota, která by se měla pohybovat v rozmezí 20-25°C.



Obrázek č. 12 Tanita BC 601 (Zdroj: vlastní zpracování)

### 4.3 Organizace sběru a zpracování dat

Soubor byl rozdělen na základě průměrů před intervenčním programem a po intervenčním programu a zároveň byl také rozdělen do kategorií dle BMI na tři skupiny, přičemž první skupina zahrnovala nadváhu, druhá skupina obezitu 1. stupně a třetí skupina obsahovala klienty s obezitou 2. - 3. stupně.

Tabulka č. 6 Charakteristika výzkumného souboru

Stupeň obezity	BMI	Počet probandů (n)
Nadváha	25,00 – 29,99	10
Obezita 1. stupně	30,00 – 34,99	7
Obezita 2. – 3. stupně	35,00 - $\geq$ 40,00	3

*Vysvětlivky: n – počet probandů*

Zdroj: Vlastní zpracování

### 4.4 Statistické zpracování dat

V první části statistického zpracování dat jsou uvedeny popisné statistiky všech měřených znaků. Z popisných statistik jsou použité statistiky polohy:

- minimum
- $x_{0,25}$  – dolní kvartil
- medián
- průměr
- $x_{0,75}$  – horní kvartil
- maximum

Pro statistiky variability byly použity:

- rozptyl
- směrodatná odchylka

V druhé části jsou pak uvedeny testy hypotéz. Všechny testy byly provedeny na hladině významnosti  $\alpha = 0.05$ . Pro posouzení vlivu intervence byl použit párový  $t$ -test a to buď s oboustrannou alternativní hypotézou, nebo jednostrannou alternativní hypotézou dle charakteru zkoumané otázky. Výsledky testů jsou doprovázeny grafickým znázorněním pomocí box-plotu. Statistická analýza byla provedena v program R version 4.0.5(2021-03-31).

## 5. Výsledky

Byly sledovány vybrané somatické parametry v tříměsíčním intervenčním programu jako je tělesná hmotnost, BMI, svalová hmota, procento tělesného tuku, viscerální tuk, metabolický věk, celková tělesná tekutina a kostní hmota před zahájením intervenčního programu a po skončení intervenčního programu. Účastníci výzkumu byli rozděleni na mužské a ženské pohlaví, a rozčlenění do kategorií dle jejich BMI z čehož vznikly tři skupiny a to nadváha, obezita 1. stupně a obezita 2. – 3. stupně.

### 5.1 Somatické parametry

Tabulka č. 7 Průměr vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu u všech klientů

	Průměr před intervencí	Průměr po intervenci
<b>Hmotnost</b>	<b>93,3kg</b>	<b>84,9kg</b>
<b>BMI</b>	<b>30,9</b>	<b>28,1</b>
<b>Svalová hmota</b>	<b>59kg</b>	<b>59,3kg</b>
<b>Procento tělesného tuku</b>	<b>33,395%</b>	<b>27,285%</b>
<b>Viscerální tuk</b>	<b>9,4</b>	<b>6,6</b>
<b>Metabolický věk</b>	<b>48,6</b>	<b>35,6</b>
<b>Celková tělesná tekutina</b>	<b>48,1</b>	<b>52,6</b>
<b>Kostní hmota</b>	<b>3,2kg</b>	<b>3,2kg</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Všechny sledované somatické parametry dosáhly zlepšení vlivem intervenčního programu. Průměrná hmotnost probandů před zahájením intervence byla 93,3 kg. Na konci intervence byla průměrná hmotnost probandů nižší o 8,9 kilogramů, a tudíž klesla na hodnotu 84,9kg. Průměrná hodnota BMI byla 30,9 a v této oblasti nastalo zlepšení o 2,8, tedy na hodnotu 28,1. Svalová hmota zobrazuje obsah kosterního svalstva, hladkou svalovinu a vodu obsaženou v těchto svalech. Ve výsledku měření vzrostla svalová hmota v průměru o 0,3 kg. Procento tělesného tuku ubylo o 6,11% na 27,285%. Intervenční program přinesl zlepšení také u viscerálního tuku. Jeho hodnota se snížila v průměru o 2,8 na konečnou hodnotu 6,6. Metabolický věk se v průměru snížil o 13 let. Celková tělesná tekutina se u probandů zvýšila z 48,1% na 52,6%. Kostní hmota zůstala zachována na původní hodnotě.



Tabulka č. 8 Průměrné hodnoty mužů u vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu

	<b>Průměr před intervencí</b>	<b>Průměr po intervenci</b>
<b>Hmotnost</b>	<b>98,91</b>	<b>91,49</b>
<b>BMI</b>	<b>30,4</b>	<b>27,96</b>
<b>Svalová hmota</b>	<b>70,17</b>	<b>71,03</b>
<b>Procento tělesného tuku</b>	<b>25,05</b>	<b>18,67</b>
<b>Viscélní tuk</b>	<b>9,6</b>	<b>6,1</b>
<b>Metabolický věk</b>	<b>40,5</b>	<b>27</b>
<b>Celková tělesná tekutina</b>	<b>52,78</b>	<b>58,07</b>
<b>Kostní hmota</b>	<b>3,77</b>	<b>3,84</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

U všech parametrů došlo k progresivnímu zlepšení. Hmotnost klesla u mužů v průměru o 7,42 kg, BMI se snížilo z hodnoty 30,4 na hodnotu 27,96, což znamená, že průměr před intervencí byl na stupni obezity 1. stupně a průměr po intervenci byl už na stupni nadváhy. Svalová hmota se zvýšila v průměru o 0,86kg, procento tělesného tuku kleslo na hodnotu 18,86, u parametru viscélní tuk došlo také k progresivnímu zlepšení a to z hodnoty 9,6 na hodnotu 6,1. Metabolický věk se všem mužům snížil v průměru o 13 let. Celková tělesná tekutina se zvýšila na hodnotu 58,07 z původní 52,78. Kostní hmota se zvýšila o 0,7.

Tabulka č. 9 Průměrné hodnoty žen u vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu

	<b>Průměr před intervencí</b>	<b>Průměr po intervenci</b>
<b>Hmotnost</b>	<b>87,64</b>	<b>78,26</b>
<b>BMI</b>	<b>31,32</b>	<b>28,1</b>
<b>Svalová hmota</b>	<b>47,79</b>	<b>47,5</b>
<b>Procento tělesného tuku</b>	<b>41,74</b>	<b>35,86</b>
<b>Viscélní tuk</b>	<b>9,2</b>	<b>7</b>
<b>Metabolický věk</b>	<b>51,4</b>	<b>40</b>
<b>Celková tělesná tekutina</b>	<b>43,4</b>	<b>47,21</b>
<b>Kostní hmota</b>	<b>2,57</b>	<b>2,57</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

U zástupkyň ženského pohlaví došlo u všech sledovaných parametrů ke zlepšení, či zachování hodnot. Hmotnost se u žen snížila v průměru o 9,38 kg. BMI kleslo z hodnoty 31,32 na hodnotu 28,1, což znamená, že před intervenčním programem se průměrné BMI nacházelo na stupni obezity 1. stupně a po tříměsíčním intervenčním programu BMI v průměru kleslo na hodnotu nadváhy. Svalová hmota se snížila o 0,29, ve své praxi často pozoruji, že jakmile dojde u žen k většímu úbytku hmotnosti, či procenta tělesného tuku, dojde také k malé ztrátě svalové hmoty. Rozdíl není nijak markantní, ale prevencí je dostačující silový trénink. Procento tělesného tuku kleslo o 5,88%. Viscerální tuk se snížil na hodnotu 7, metabolický věk se snížil v průměru o 11,4 let. Celková tělesná tekutina se zvýšila na hodnotu 47,21 a kostní hmota zůstala beze změn.

## 5.2 Rozdělení do kategorií dle hodnoty BMI

Tabulka č. 10 Rozdělení do kategorií dle BMI

	Vstup	1. měsíc intervence	2. měsíc intervence	3. měsíc intervence
<b>Nadváha (n=10)</b>	28,3	27,4	26,6	26
<b>Obezita 1. stupně (n=7)</b>	31,5	29,8	28,5	27,9
<b>Obezita 2-3. stupně (n=3)</b>	38	36,7	36,1	35,2

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

Na základě BMI byly vytvořeny tři skupiny a to skupina nadváhy, obezity 1. stupně a obezity 2 – 3. stupně. Do skupiny nadváhy spadalo 10 probandů, kteří měli BMI při zahájení intervence v průměru 28,3. Po tříměsíčním intervenčním programu kleslo BMI o 2,3, na hodnotu 26. Skupina obezity 1. stupně zahrnovala 7 probandů. Na začátku intervence bylo v této skupině BMI v průměru 31,5. Na konci intervence byl výsledek lepší o 3,6 a BMI činilo v průměru 27,9, což patří do skupiny nadváhy. Třetí, závěrečná skupina obezity 2. – 3. stupně měla 3 probandy a na začátku intervenčního programu bylo průměrné BMI 38. Na konci intervence se tato skupina zlepšila o 2,8 a jejich finální BMI bylo v průměru 35,2.

### 5.2.1 Kategorie nadváhy

Tabulka č. 11 Průměrné výsledky probandů v kategorii nadváhy

<b>Nadváha (n=10)</b>	<b>Vstup</b>	<b>1. měsíc intervence</b>	<b>2. měsíc intervence</b>	<b>3. měsíc intervence</b>
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	88,5	85,4	83	81,2
<b>Svalová hmota (kg)</b>	60,5	60,4	60,6	60,8
<b>Procento tělesného tuku (%)</b>	28,7	26,4	24,2	22,6

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

V kategorii nadváhy byly sledovány tři somatické parametry, a to tělesná hmotnost, svalová hmota a procento tělesného tuku. U probandů v této kategorii jsme při zahájení intervence naměřili průměrnou hmotnost 88,5 kg. Již po prvním měsíci intervence byly pozorovány změny k lepšímu a to o 3,1 kg. Trend snižování tělesné hmotnosti pokračoval i v následujících dvou měsících a na konci třetího měsíce ubyla tělesná hmotnost probandů v průměru o 7,3 kg. Dalším parametrem, který byl sledován, byla svalová hmota, která po prvním měsíci intervence klesla o 0,1kg, ale další 2 měsíce se už zvyšovala a na konci intervence pozorujeme zvýšení svalové hmoty o 0,3kg. Závěrečnou hodnotou, která byla v této kategorii zkoumána, je procento tělesného tuku, které bylo při začátku intervence 27,7% a v průběhu intervence prošlo sestupnou tendencí. Po třech měsících intervence kleslo procento tuku v průměru o 6,1% na konečných 22,6%

Tabulka č. 12 Průměrné hodnoty mužů s nadváhou u vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu

<b>Muži - nadváha (n=6)</b>	<b>Průměr před intervencí</b>	<b>Průměr po intervenci</b>
<b>Hmotnost (kg)</b>	<b>96</b>	<b>88,8</b>
<b>Svalová hmota (kg)</b>	<b>71,1</b>	<b>71,7</b>
<b>Procento tělesného tuku (%)</b>	<b>21,9</b>	<b>15,6</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

Do stupně nadváhy bylo zařazeno celkem 6 mužů. Průměrná hmotnost u mužů klesla po tříměsíčním intervenčním programu o 7,2 kg. Svalová hmota se zvýšila o 0,6 kg a u procenta tělesného tuku bylo zaznamenáno zlepšení z hodnoty 21,9 na hodnotu 15,6.

Tabulka č. 13 Průměrné hodnoty žen s nadváhou u vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu

<b>Ženy - nadváha (n=4)</b>	<b>Průměr před intervencí</b>	<b>Průměr po intervenci</b>
<b>Hmotnost (kg)</b>	<b>77,2</b>	<b>69,7</b>
<b>Svalová hmota (kg)</b>	<b>44,6</b>	<b>44,5</b>
<b>Procento tělesného tuku (%)</b>	<b>38,9</b>	<b>32,9</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

Stupeň nadváhy měl celkem 4 zástupkyně ženského pohlaví, u nichž bylo po tříměsíčním intervenčním programu pozorováno zlepšení u hmotnosti, kdy její průměrná hodnota klesla o 7,5 kg. Svalová hmota klesla o 0,1, ale toto číslo je zanedbatelné. Procento tělesného tuku také kleslo a to v průměru o 6%.

### 5.2.2 Kategorie obezita 1. Stupně

Tabulka č. 14 Průměrné výsledky probandů v kategorii obezity 1. stupně

Obezita 1. Stupně (n=7)	Vstup	1. měsíc intervence	2. měsíc intervence	3. měsíc intervence
Tělesná hmotnost (kg)	92,6	88,1	84,5	82,7
Svalová hmota (kg)	56,2	56,1	56	56,7
Procento tělesného tuku (%)	35,9	33,4	30,9	29,2

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

U probandů spadajících do této kategorie byla naměřena průměrná tělesná hmotnost 92,6 kg. Největší úbytek hmotnosti nastal po prvním měsíci intervence, kdy tělesná hmotnost klesla o 4,5 kg. Další měsíce pokračovalo klesání tělesné hmotnosti a po 3 měsících klesla tělesná hmotnost o 9,9 kg. Svalová hmota byla při vstupním měření 56,2 kg a na konci intervence nastalo její zvýšení o 0,5kg. Procento tělesného tuku kleslo o 6,7% na konečnou hodnotu 29,2 z původní hodnoty 35,9%

Tabulka č. 15 Průměrné hodnoty mužů s obezitou 1. stupně u vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu

Muži - obezita 1. stupeň (n=3.)	Průměr před intervencí	Průměr po intervenci
Hmotnost (kg)	97,6	90,3
Svalová hmota (kg)	65,3	67,1
Procento tělesného tuku (%)	29,3	21,8

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

Celkový počet mužů, u kterých byla diagnostikována obezita 1. stupně, byl 3. U mužů s obezitou 1. stupně klesla hmotnost v průměru o 7,3 kg. Svalová hmota prošla zlepšením a navýšila se o 1,8 kg. Procento tělesného tuku kleslo z 29,3% na 21,8%.

Tabulka č. 16 Průměrné hodnoty žen s obezitou 1. stupně u vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu

<b>Ženy - obezita 1. stupně (n=4.)</b>	<b>Průměr před intervencí</b>	<b>Průměr po intervenci</b>
<b>Hmotnost (kg)</b>	<b>88,9</b>	<b>76,9</b>
<b>Svalová hmota (kg)</b>	<b>49,5</b>	<b>48,9</b>
<b>Procento tělesného tuku (%)</b>	<b>40,9</b>	<b>34,6</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

Do stupně obezity 1. stupně byly zařazeny celkem 4 ženy. U těchto žen klesla po tříměsíčním intervenčním programu hmotnost o 12 kg. Svalová hmota klesla o 0,6 kg. Procento tělesného tuku celkově kleslo v průměru o 6,3%.

### 5.2.3 Kategorie obezity 2. – 3. Stupně

Tabulka č. 17 Průměrné výsledky probandů v kategorii obezity 2. – 3. stupně

<b>Obezita 2. – 3. stupně (n=3)</b>	<b>Vstup</b>	<b>1. měsíc intervence</b>	<b>2. měsíc intervence</b>	<b>3. měsíc intervence</b>
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	110,8	107	105,2	102,4
<b>Svalová hmota (kg)</b>	60,3	59,6	60,6	60,3
<b>Procento tělesného tuku (%)</b>	43,1	41,2	40,4	38,7

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

Závěrečná kategorie zahrnovala 3 probandy. Bylo pozorováno zlepšení ve všech sledovaných somatických parametrech. Největší změnu představoval pro tuto skupinu úbytek tělesné hmotnosti. Při zahájení intervence činila tělesná hmotnost 110,8 kg a vlivem intervenčního programu tato hodnota klesla v průměru o 8,4 kg. Svalová hmota po prvním měsíci klesla, ale v dalších měsících se její hodnota vrátila na původní úroveň. Procento tělesného tuku kleslo v průměru o 4,4%.

Tabulka č. 18 Hodnoty muže s obezitou 2-3. stupně u vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu

<b>Muži - obezita 2-3. stupeň (n=1.)</b>	<b>Hodnoty před intervencí</b>	<b>Hodnoty po intervencí</b>
<b>Hmotnost (kg)</b>	<b>120,3</b>	<b>111</b>
<b>Svalová hmota (kg)</b>	<b>79</b>	<b>79</b>
<b>Procento tělesného tuku (%)</b>	<b>30,9</b>	<b>27,5</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

Do stupně obezity 2-3. stupně byl v rámci intervenčního programu zařazen 1 muž. Jeho hmotnost klesla během tohoto tříměsíčního programu v průměru o 9,3 kg. Svalová hmota zůstala zachována beze změn a procento tělesného tuku kleslo v průměru o 3,4%.

Tabulka č. 19 Průměrné hodnoty žen s obezitou 2-3. stupně u vybraných somatických parametrů před intervenčním programem a po intervenčním programu

<b>Ženy - obezita 2-3. stupně (n=2)</b>	<b>Průměr před intervencí</b>	<b>Průměr po intervencí</b>
<b>Hmotnost (kg)</b>	<b>106</b>	<b>98,1</b>
<b>Svalová hmota (kg)</b>	<b>50,9</b>	<b>50,9</b>
<b>Procento tělesného tuku (%)</b>	<b>49,2</b>	<b>44,3</b>

Zdroj: Vlastní zpracování

Vysvětlivky: n = počet probandů

Stupeň obezity 2-3. stupně čítal celkem dvě ženy. Jejich hmotnost během tříměsíčního intervenčního programu klesla o 7,9 kg. Svalová hmota zůstala beze změn. Procento tělesného tuku u těchto žen kleslo o 4,9%.

## 5.3 Výsledky hypotéz

### 5.3.1 Hmotnost

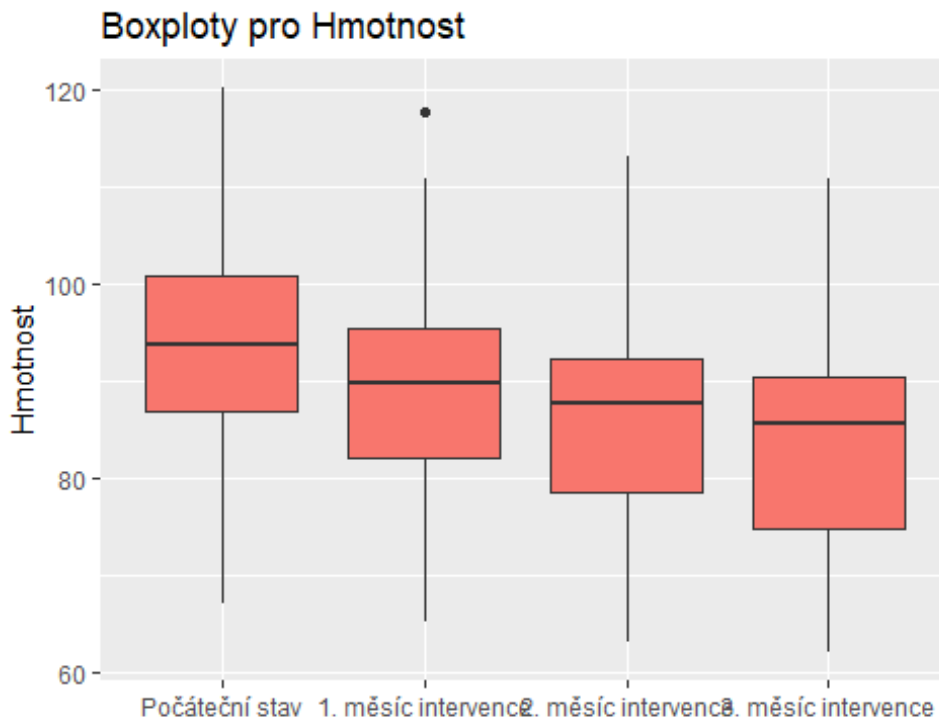
H1: Existuje statistický významný rozdíl mezi hmotnostmi před a po tříměsíčním intervenčním programu.

$H_{01}$ : Existuje statisticky významný **pokles hmotnosti** po tříměsíčním intervenčním programu.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Graf č. 1 – Pokles hmotnosti



Pro znak Hmotnost činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 93.275$  ( $\pm 13.005$ ) a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 84.875$  ( $\pm 12.444$ ). Testová statistika párového  $t$ -testu  $t = 10.139$ ,  $p$ -hodnota =  $2.1054405 \times 10^{-9}$ . Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  tedy zamítáme nulovou hypotézu. **Prokázali jsme tedy statisticky významný pokles hmotnosti po tříměsíčním intervenčním programu.**



### 5.3.2 BMI

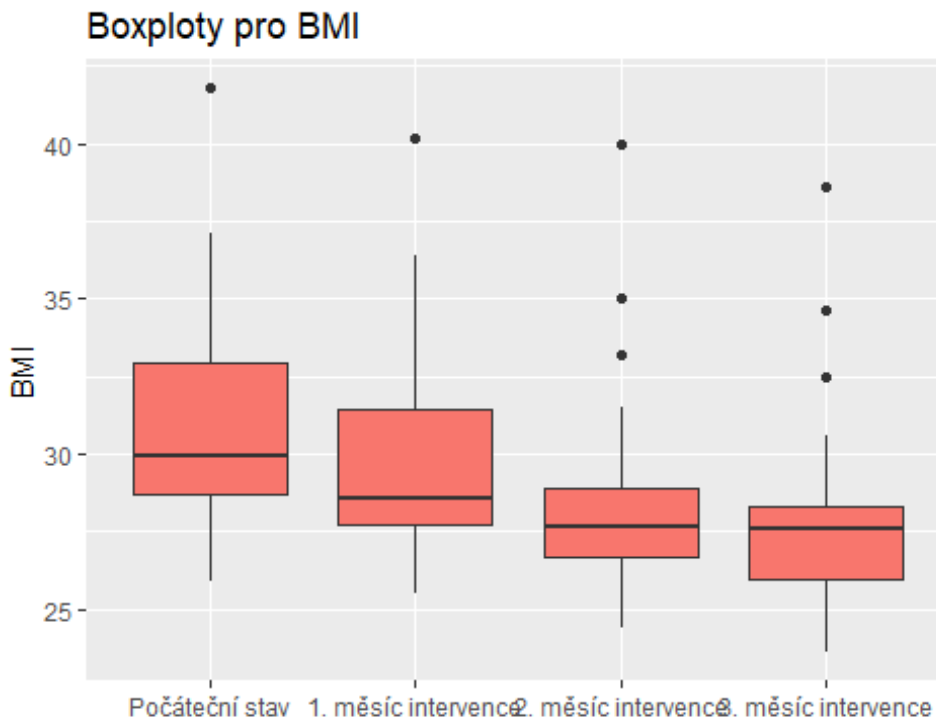
$H_2$ : Existuje statisticky významný rozdíl mezi BMI před a po tříměsíčním intervenčním programu.

$H_{01}$ : Existuje statisticky významný **pokles BMI** po tříměsíčním intervenčním programu.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Graf č. 2 – Pokles BMI



Pro znak BMI činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 30.86 (\pm 3.832)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 28.045 (\pm 3.644)$ . Testová statistika párového  $t$ -testu  $t = 9.251$ ,  $p$ -hodnota =  $9.0831238 \times 10^{-9}$ . Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  tedy zamítáme nulovou hypotézu. **Prokázal se tedy statisticky významný pokles BMI po tříměsíčním intervenčním programu.**

### 5.3.3 Tělesné složení

H3: Existuje statistický významný rozdíl mezi tělesným složením před a po tříměsíčním intervenčním programu.

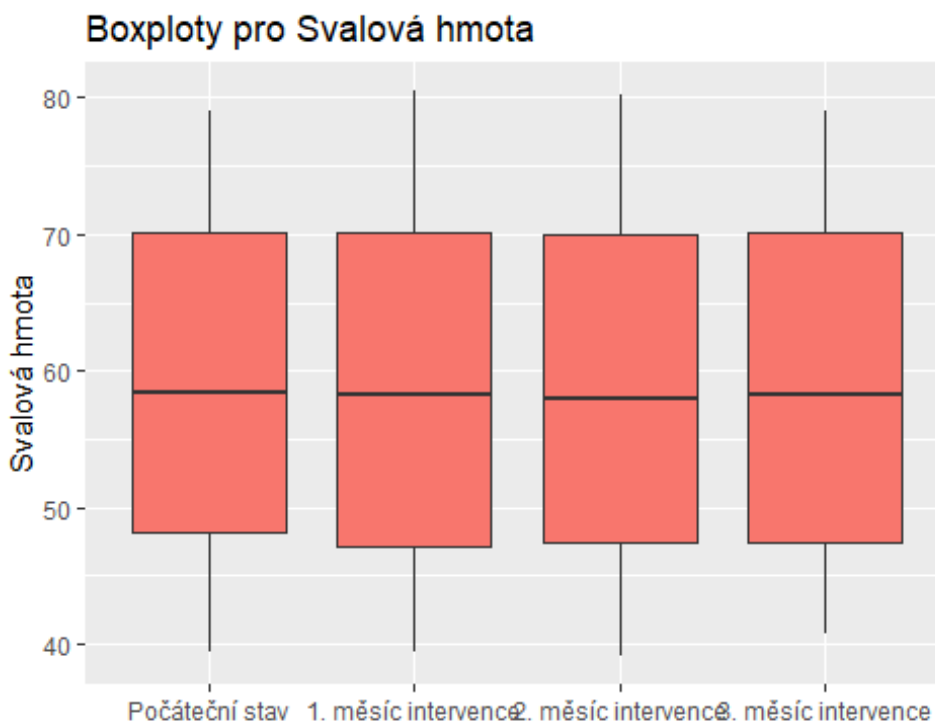
#### 5.3.3.1 Svalová hmota

$H_{01}$ : Existuje statisticky významný **nárůst svalové hmoty** po tříměsíčním intervenčním programu.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \geq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$$

Graf č. 3 – Nárůst svalové hmoty



Pro znak Svalová hmota činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 58.98 (\pm 12.439)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 59.265 (\pm 12.872)$ . Testová statistika párového  $t$ -testu  $t = -1.044$ ,  $p$ -hodnota = 0.155. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  tedy nezamítáme nulovou hypotézu. **Neprokázal se tedy statisticky významný nárůst svalové hmoty po tříměsíčním intervenčním programu.**

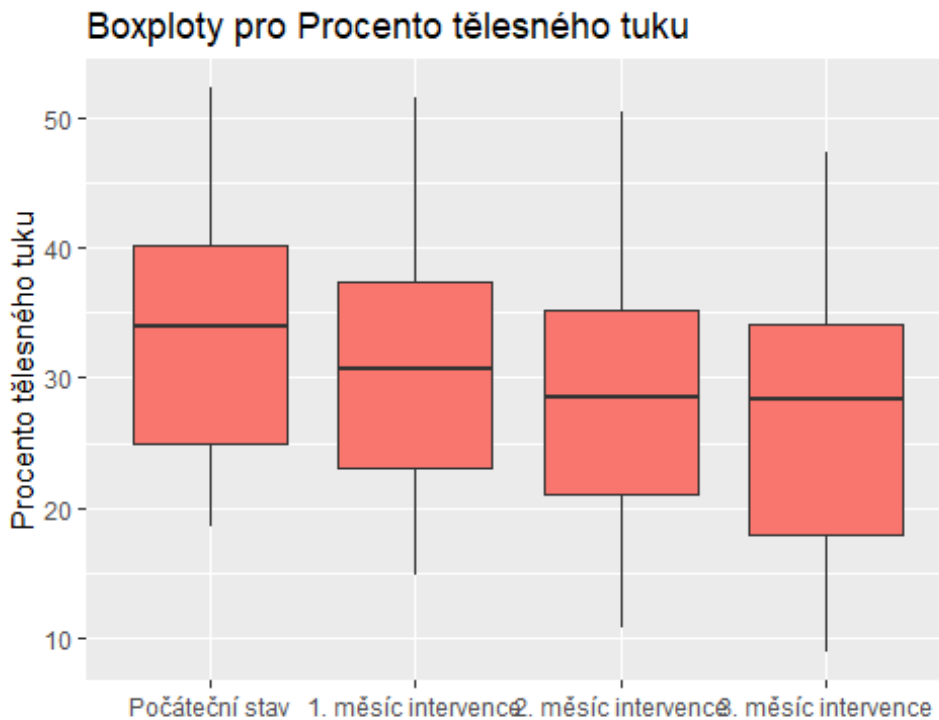
### 5.3.3.2 Procento tělesného tuku

$H_{01}$ : Existuje statisticky významný **pokles procenta tělesného tuku** po tříměsíčním intervenčním programu.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Graf č. 4 – Pokles procenta tělesného tuku



Pro znak Procento tělesného tuku činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 33.395 (\pm 9.664)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 27.285 (\pm 10.237)$ . Testová statistika párového  $t$ -testu  $t = 10.81$ ,  $p$ -hodnota =  $7.397947 \cdot 10^{-10}$ . Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  tedy zamítáme nulovou hypotézu. **Prokázal se tedy statisticky významný pokles procenta tělesného tuku po tříměsíčním intervenčním programu.**

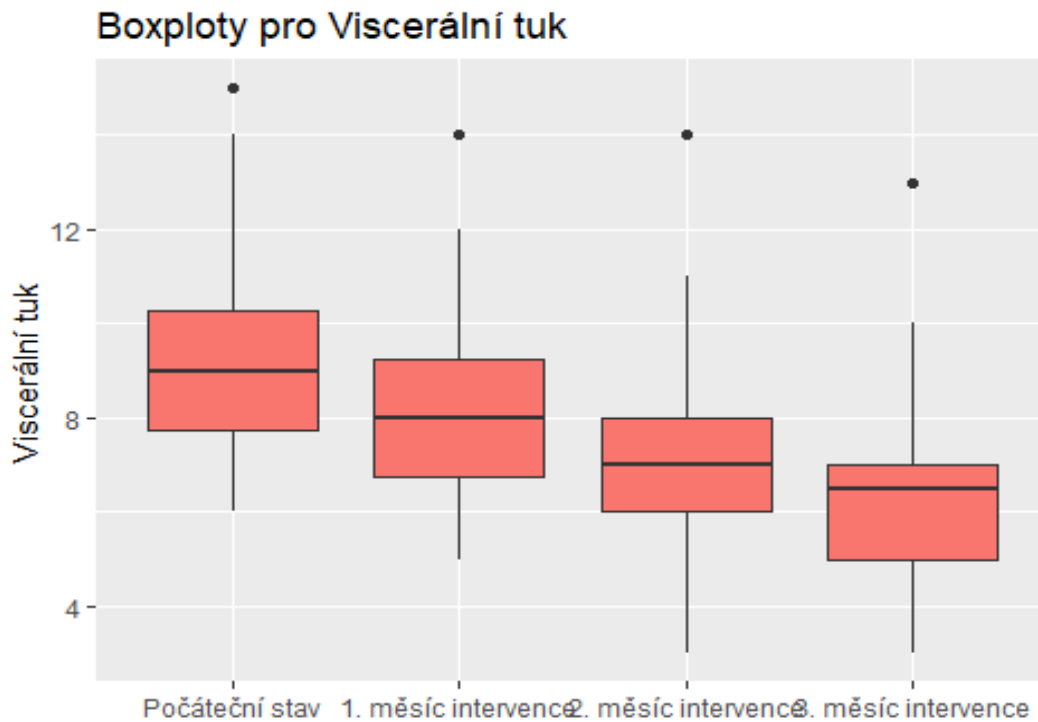
### 5.3.3.3 Viscerální tuk

$H_{01}$ : Existuje statisticky významný **pokles viscerálního tuku** po tříměsíčním intervenčním programu.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Graf č. 5 – Pokles viscerálního tuku



Pro znak Viscerální tuk činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 9.4 (\pm 2.458)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 6.55 (\pm 2.282)$ . Testová statistika párového  $t$ -testu  $t = 8.725$ ,  $p$ -hodnota =  $2.2588084 \times 10^{-8}$ . Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  tedy zamítáme nulovou hypotézu. **Prokázal se tedy statisticky významný pokles viscerálního tuku po tříměsíčním intervenčním programu.**

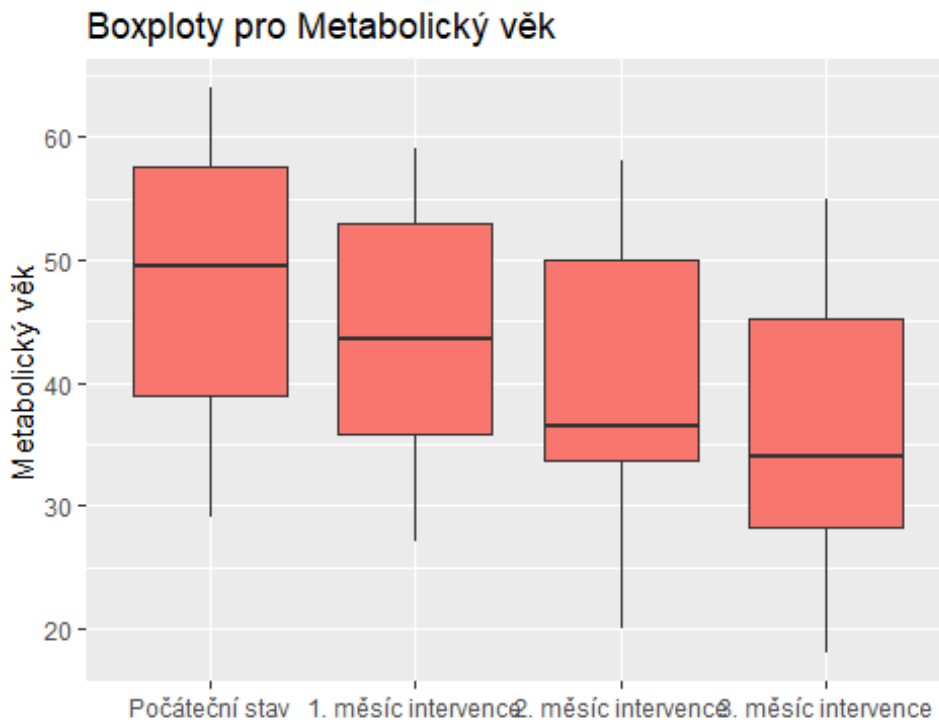
### 5.3.3.4 Metabolický věk

$H_{01}$ : Existuje statisticky významný **pokles metabolického věku** po tříměsíčním intervenčním programu.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

Graf č. 6 – Pokles metabolického věku



Pro znak Metabolický věk činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 48.55 (\pm 10.689)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 35.55 (\pm 11.1)$ . Testová statistika párového  $t$ -testu  $t = 9.524$ ,  $p$ -hodnota =  $5.7390791 \times 10^{-9}$ . Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  tedy zamítáme nulovou hypotézu. **Prokázal se tedy statisticky významný pokles metabolického věku po tříměsíčním intervenčním programu.**

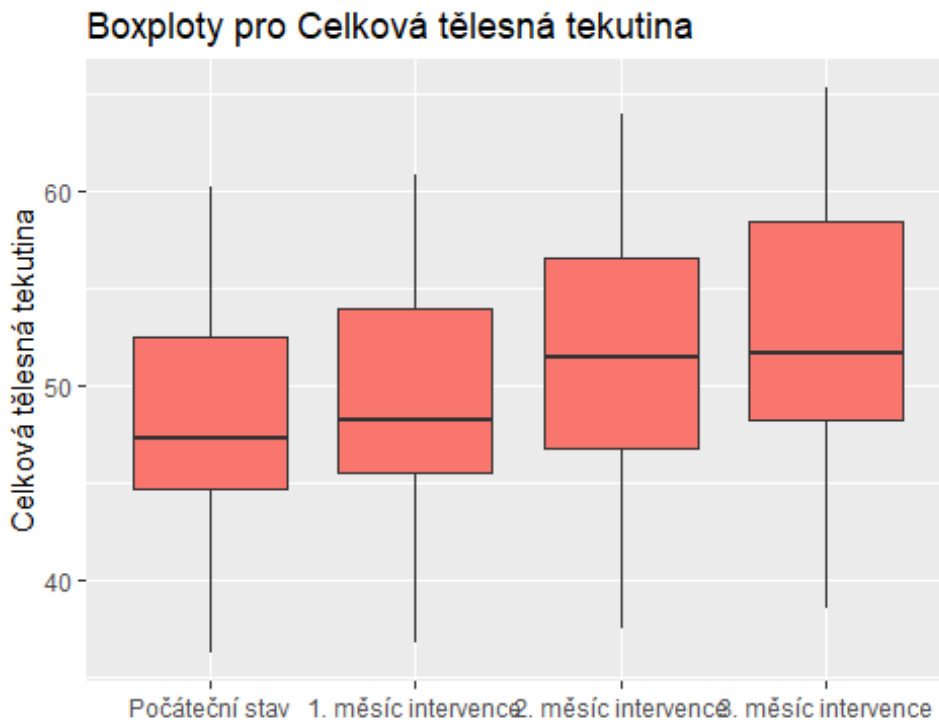
### 5.3.3.5 Celková tělesná tekutina

$H_{01}$ : Existuje statisticky významný **nárůst celkové tělesné tekutiny** po tříměsíčním intervenčním programu.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \geq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$$

Graf č. 7 – Nárůst celkové tělesné tekutiny



Pro znak Celková tělesná tekutina činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 48.09 (\pm 5.856)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 52.64 (\pm 6.879)$ . Testová statistika párového  $t$ -testu  $t = -9.142$ ,  $p$ -hodnota =  $1.0938587 \times 10^{-8}$ . Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  tedy zamítáme nulovou hypotézu. **Prokázal se tedy statisticky významný nárůst celkové tělesné tekutiny po tříměsíčním intervenčním programu.**

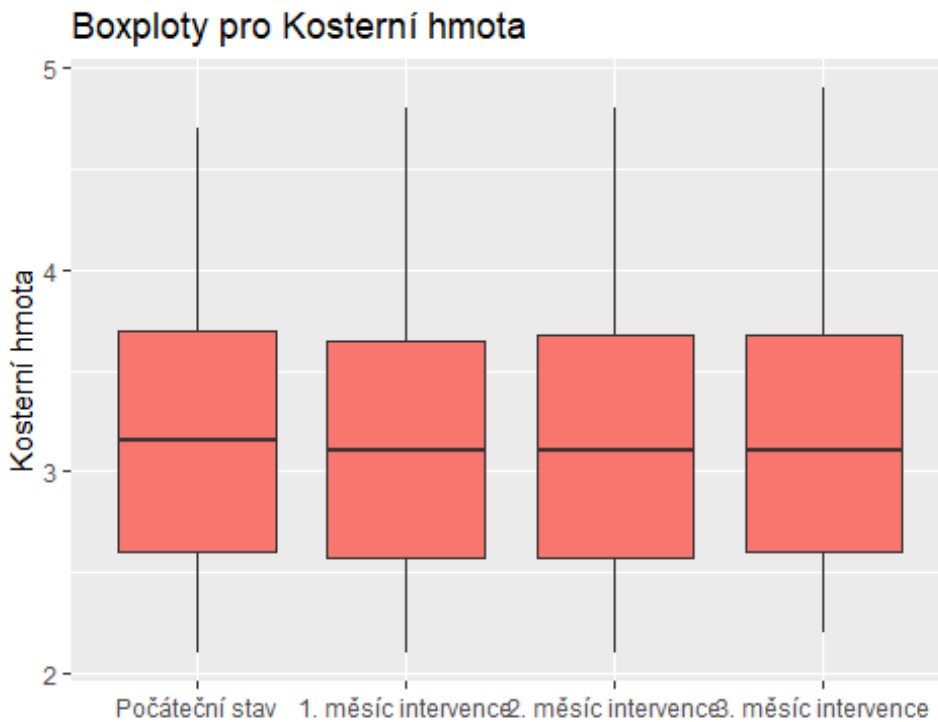
### 5.3.3.6 Kostní hmota

$H_{01}$ : Existuje statisticky významný **rozdíl kostní hmoty** po tříměsíčním intervenčním programu.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

Graf č. 8 – Rozdíl kostní hmoty



Pro znak Kosterní hmota činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 3.17 (\pm 0.708)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 3.205 (\pm 0.749)$ . Testová statistika párového  $t$ -testu  $t = -1.789$ ,  $p$ -hodnota = 0.09. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  tedy nezamítáme nulovou hypotézu. **Neprokázal se tedy statisticky významný rozdíl kostní hmoty po tříměsíčním intervenčním programu.**

## 6. Diskuze

V této kapitole budou shrnuty a diskutovány výsledky empirické části této diplomové práce, která se opírá o předcházející část teoretickou. Cílem práce bylo navrhnout vhodný intervenční program, který usiluje o snížení rizika nadváhy a obezity u dospělé populace v regionu Opavsko. Intervenční program se skládal z jídelníčku, který byl postaven na základech pestré stravy, silového tréninku a ideálního aerobního cvičení. Měření klientů probíhalo prostřednictvím bioelektrické impedance váhy Tanita BC 601.

Vliv dietního opatření při léčbě nadváhy a obezity dokládá také Svačina (2008), který uvádí, že dietní léčba obézních lidí je vždy založena na navození negativní energetické bilance, kdy příjem energie je nižší než její výdej. S tímto výrokem se také shodují autoři Melansone, Keadle, Donnellye, Braun & King, (2013), kteří rovněž tvrdí, že zvýšení energie vynaložené na fyzickou aktivitu má zvýšit celkové denní výdaje na energii a tím vytvořit energetický deficit a úbytek hmotnosti. K vyvolání energetického deficitu, a tedy úbytku hmotnosti, musí být výdej na energii vyšší než příjem energie.

Rozložení živin v jídelníčku, jenž byl součástí intervenčního programu, se víceméně shoduje s Klimešovou & Stelzerem (2012), kteří uvádějí, že přijatá energie by měla být optimálně získaná z 50-70% sacharidy (z toho 5-10% mělo být tvořeno jednoduchými cukry), z 15-20% proteiny a z 20-30% lipidy. Rozložení živin v jídelníčku se také shoduje s rozložením živin, které uvádí ve své knize Roubík et al. (2018). Uvádí, že vyšší příjem bílkovin (kolem 30%) z celkového energetického příjmu zvyšuje sytost, snižuje celkový energetický příjem a přispívá ke spalování tuku. Zároveň bylo prokázáno, že vyšší příjem bílkovin může snížit riziko vzniku diabetu 2. typu, pokud jsou upraveny i zbývající složky potravy v poměru 30% bílkovin, 40% sacharidů a 30% tuků. Toto rozložení živin vnímám jako velmi efektivní. Osvědčilo se nejen v rámci intervenčního programu, jenž je součástí této diplomové práce, ale také v mé praxi. Pozoruji, že u osob s nadváhou a obezitou se u tohoto rozložení živin dosáhlo stanovených výsledků. Na druhou stranu Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje pro běžnou dospělou populaci poměr 55% sacharidů, 30% tuků a 15% bílkovin.



Zjištěné výsledky jsou ve shodě s výzkumy Stieglera & Cunliffa (2006), jež dokládají skutečnost snižování množství jednotlivých tělesných komponent prostřednictvím zařazení fyzické aktivity, která se skládá z kombinací silového tréninku a aerobního cvičení. Toto tvrzení je také ve shodě s Alvesem, Marinhem, Pecegem, Ferrazem, Marquesem, & Neivaem, (2021), že významné zlepšení složení těla bylo hlášeno v kombinaci silového tréninku a aerobního intervalového tréninku s vysokou intenzitou., který navozuje zlepšení tělesné kompozice. Nejvyšší průměrná tělesná hmotnost u všech probandů činila před intervenčním programem  $93.28Kg (\pm 13.005)$  po intervenčním programu se tělesná hmotnost snížila na průměrnou hodnotu  $84.88Kg (\pm 12.444)$ . Snížení tělesné hmotnosti prostřednictvím zvýšené pohybové aktivity také dokládají autoři Broskeym, Martin, Burton, Church, Ravussin & Redman, (2021), kteří uvádí, že pravidelná fyzická aktivita, která je dlouhodobě udržována, slibuje předvídatelný úbytek hmotnosti. Dalším faktorem, který byl pro léčbu obezity v tomto výzkumu klíčový, bylo dietní opatření, které je podle Svačiny (2008) nejdůležitějším opatřením při léčbě obezity.

V tomto výzkumu bylo pozorováno také snižování hodnoty BMI, kdy počáteční průměr činil u všech probandů  $30.86 (\pm 3.832)$  a průměr po tříměsíční intervenci činil  $28.045 (\pm 3.644)$ . Snížení hodnoty BMI úzce souvisí se snížením tělesné hmotnosti, což také uvádí Trojan (2003), se kterým je výzkum v korelaci a lze logicky usuzovat, že pokud klesne tělesná hmotnost, dojde rovněž k poklesu hodnoty BMI. Zároveň došlo ke shodě s výzkumem publikovaným autory Justina, Nneoma, Petronilla, Ikenna, Sylvester, Gloria & Gloria (2021), kteří uvádí, že ke snížení BMI, redukcí nadměrného množství tuku a tělesné hmotnosti přispívá forma aerobního cvičení. Riegerová et al., (2006) ovšem upozorňuje, že BMI není vhodným ukazatelem optimální hmotnosti u populačních skupin s vysokou tělesnou aktivitou. Rovněž Stojkovič, Heinrich, Čvorovič, Jeknić, Greco, Kukić (2022) ve své studii uvádí, že existují klíčové rozdíly v klasifikaci subjektů a že je žádoucí používat klasifikaci subjektů na základě klasifikace procenta tělesného tuku a procenta kosterní svalové hmoty, spíše než výhradně na základě klasifikace BMI.

Intervenční program měl také vliv na podíl procenta tělesného tuku, jehož průměrná hodnota byla před intervenčním programem  $33.395 (\pm 9.664)$  a průměr po tříměsíční intervenci činil  $27.285 (\pm 10.237)$ . Zjištěné výsledky jsou ve shodě s Riegerovou et al., (2006), která uvádí, že působení tělesné zátěže na lidský organismus a zařazení výživových aspektů je ze somatometrického hlediska posuzováno hlavně změnami frakcionace tělesné hmotnosti – především úbytku tukové a nárůstu svalové frakce, případně kosterní složky. Vliv

intervenčního programu na procento tělesného tuku také dokazuje studie publikovaná autory Ljubojević, Jovanović, Zrnić & Šebić (2016), ve které se shodují, že aplikovaný fitness program způsobuje statisticky významnou změnu redukce hmotnosti tělesného tuku. Výsledky tohoto výzkumu se také shodují s autory Iturriaga, Barcelo, Diez-Vega, Cordero, Pulgar, Fernandez-Luna & Perez-Ruiz (2020), jenž tvrdí, že aerobní cvičení přispívá k regulaci procentuálního zastoupení tuku.

Tento výzkum však neprokázal statisticky významný vliv intervenčního programu na nárůst svalové či kosterní hmoty. Tento úkaz se dá vysvětlit tím, že při sledování kostní hmoty výzkumy prokázaly, že se struktura kostí nemění v krátkém časovém úseku a je důležité dlouhodobě rozvíjet a udržovat zdravé kosti vyváženou stravou a pravidelnou dostatečnou tělesnou aktivitou (Lékařské váhy a metry, 2010).

Rovněž u sledování svalové hmoty nebyl prokázán statisticky významný vliv intervenčního programu. Toto tvrzení se shoduje s Tagawae, Watanabe, Ito, Ueda, Nakayama, Sanbongi & Miyachi, (2021), kteří udávají, že pokles svalové hmoty je výrazně potlačen silovým tréninkem, což naznačuje, že silový trénink může přispět k udržení nebo zlepšení účinnosti proteinového anabolismu. V tomto ohledu se shodujeme také s Roubíkem et al., (2018), že při redukci tělesné hmotnosti je podstatou odstranit z těla co nejvíce tukové tkáně, při zachování co největšího množství svalové hmoty. Považujeme za pozitivní, že nedošlo k redukci svalové komponenty, ale pouze komponenty tukové.

U všech probandů došlo také ke snížení hodnoty viscerálního tuku, které před intervenčním programem dosahovalo průměrné hodnoty 9.4 ( $\pm 2.458$ ) a průměr po tříměsíční intervenci činil 6.55 ( $\pm 2.282$ ). Došlo tedy ke shodě s autory Visserssem, Hensem, Hansenem & Taeymanssem (2016), podle kterých bylo prokázáno, že strava i pohyb mohou snížit viscerální tuk u dospělých s nadváhou nebo obezitou. Ve výzkumné části této diplomové práce jsme dospěli ke shodě s Hashizume & Tandia, (2020), že snížení viscerálního tuku prostřednictvím zvýšené fyzické aktivity a zdravé stravy pomáhá předcházet metabolickým komplikacím spojeným s obezitou. Toto tvrzení potvrzuje studie publikovaná Japanese perspective (2011), ve které autoři zjistili, že při modifikaci životního stylu spojenou s pohybovou aktivitou a zdravou stravou dochází k redukci viscerálního tuku.

Počáteční průměr metabolického věku činil 48.55 ( $\pm 10.689$ ) a průměr po tříměsíční intervenci byl 35.55 ( $\pm 11.1$ ). Bowden Davies, Sprung, Norman, Thompson, Mitchell, Harrold, Finlayson, Gibbons, Wilding, Kemp, Hamer & Cuthbertson, (2019) uvádí, že pro

zlepšení metabolického zdraví se doporučuje zvýšení pohybové aktivity jak u jednotlivců, tak na úrovni populace. Je rovněž prokázáno, že „zvýšená tělesná aktivita pomůže snížit tělesné tuky a zvětšit objem svalové tkáně, čímž se také sníží metabolický věk.“ (Lékařské váhy a metry, 2010).

Pro komponentu celková tělesná tekutina činil počáteční průměr 48.09 ( $\pm$  5.856) a průměr po tříměsíční intervenci 52.64 ( $\pm$  6.879). Zvýšení této komponenty je v souladu s tvrzením Riegerové et al., (2008), která uvádí, že ve svalové tkáni je 75-80% celkové tělesné vody, podstatně menší množství vody se nachází v tukové tkáni - 10%. Je obecně známo že celkový podíl tělesného tuku se snižuje, když se zvyšuje podíl tělesné vody. (Lékařské váhy a metry, 2010)

Při léčbě obezity je tedy důležité zařadit vhodný redukční jídelníček založený na pestré stravě, spolu se zavedením dostatečné pohybové aktivity. Obě tyto složky efektivně pomohou lidem snížit tělesnou hmotnost, procento tělesného tuku, hodnotu BMI a další tělesné komponenty, jejichž zdravé rozmezí je nezbytné k zachování zdraví a prevenci neinfekčních nemocí. Můžeme konstatovat, že zdravý životní styl má přímý vliv na výskyt nadváhy a obezity.

## **7. Závěry**

Analýza výsledků a statistického zpracování prokázala významné zlepšení u hmotnosti, BMI, viscerálního tuku, procenta tělesného tuku, metabolického věku a celkové tělesné tekutiny. Jedinými proměnnými, u kterých nebyly nalezeny významné signifikantní rozdíly, jsou svalová a kostní hmota.

### **7.1 Sledování tělesné hmotnosti před a po intervenčním programu**

Tělesná hmotnost se před tříměsíčním intervenčním programem pohybovala u mužů v průměru okolo 98,91 kg a u žen průměrně okolo 87,64 kg. Po intervenčním programu klesla hmotnost u mužů v průměru o 7,42 kg a u žen klesla o 9,38kg.

### **7.2 Sledování BMI před a po intervenčním programu.**

Hodnota BMI se před intervenčním programem pohybovala u mužů průměrně na hodnotě 30,4, u žen pak na hodnotě 31,32. Výsledky po intervenčním programu ukázaly, že BMI kleslo mužům průměrně na hodnotu 27,96 a ženám rovněž kleslo a to na hodnotu 28,1.

### **7.3 Sledování komponent tělesného složení před a po intervenčním programu**

V rámci tohoto výzkumu byly sledovány změny komponent tělesného složení v průběhu intervenčního programu. Svalová hmota neprošla žádným markantním rozdílem. Její průměrná hodnota u klientů byla před zahájením intervence 58,98. Po skončení intervence byla průměrná hodnota svalové hmoty 59,265. Procento tělesného tuku bylo vlivem intervence sníženo, počáteční průměr byl 33,395 a průměr po ukončení tříměsíčního intervenčního programu byl 27,285. Viscerální tuk se pohyboval před intervencí na průměrné hodnotě 9,4 a po skončení intervenčního programu se snížil na průměrnou hodnotu 6,55. Kostní hmota nebyla vlivem tříměsíčního intervenčního programu výrazně ovlivněna. Její původní průměrná hodnota byla 3,17 a po intervenčním programu se průměrná hodnota zvýšila na 3,205.

### **7.4 Sledování celkové tělesné tekutiny a metabolického věku před a po intervenčním programu**

U celkové tělesné tekutiny bylo zaznamenáno vlivem tříměsíčního intervenčního programu progresivní zlepšení, kdy se hodnota celkové tělesné tekutiny zvýšila z původní průměrné hodnoty 48,09 na průměrnou hodnotu 52,64. Metabolický věk se vlivem tříměsíčního intervenčního programu snížil z průměrné hodnoty 48,55 na průměrnou hodnotu 35,55.

## 7.5 Výsledky hypotéz

H1: Existuje statisticky významný rozdíl mezi hmotnostmi před a po tříměsíčním intervenčním programu. Pro hmotnost činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 93.275 (\pm 13.005)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 84.875 (\pm 12.444)$ . Zde se zamítá nulová hypotéza. Prokázal se tedy statisticky významný pokles hmotnosti po tříměsíčním intervenčním programu.

H2: Existuje statisticky významný rozdíl mezi BMI před a po tříměsíčním intervenčním programu. Pro BMI činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 30.86 (\pm 3.832)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 28.045 (\pm 3.644)$ . Zde se zamítá nulová hypotéza. Prokázal se tedy statisticky významný pokles BMI po tříměsíčním intervenčním programu.

H3: Existuje statisticky významný rozdíl mezi tělesným složením před a po tříměsíčním intervenčním programu. Pro svalovou hmotu činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 58.98 (\pm 12.439)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 59.265 (\pm 12.872)$ . Zde se nulová hypotéza nezamítá. Neprokázal se tedy statisticky významný nárůst svalové hmoty po tříměsíčním intervenčním programu. Pro kosterní hmotu činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 3.17 (\pm 0.708)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 3.205 (\pm 0.749)$ . Nulová hypotéza se nezamítá. Neprokázal se tedy statisticky významný rozdíl kostní hmoty po tříměsíčním intervenčním programu. Pro procento tělesného tuku činil počáteční průměr  $\bar{x}_1 = 33.395 (\pm 9.664)$  a průměr po tříměsíční intervenci  $\bar{x}_2 = 27.285 (\pm 10.237)$ . Zamítáme nulovou hypotézu. Prokázal se tedy statisticky významný pokles procenta tělesného tuku po tříměsíčním intervenčním programu.

Vlivem tříměsíčního intervenčního programu bylo dosaženo pozitivních změn u klientů, především pak u sledovaných tělesných komponent jako jsou BMI, hmotnost, viscerální tuk, metabolický věk, procento tělesného tuku a celková tělesná tekutina. Původní hodnoty těchto tělesných komponent nebyly přívětivé a klientům způsobovaly řadu zdravotních, ale také i psychických problémů. Dosažené výsledky, především tedy snížení hodnot sledovaných tělesných komponent pomohly klientům zlepšit svůj zdravotní stav, zvýšit jejich sebevědomí a upevnit si lepší stravovací a pohybové návyky. Ukončením tříměsíčního intervenčního programu celý proces samozřejmě nekončí. Klienti byli edukováni o potřebě setrvat u zdravých návyků, jelikož v opačném případě by celý intervenční program postrádal smysl a hodnoty jejich tělesných komponent by se pravděpodobně vrátily na původní hodnoty.

## 7. Souhrn

Teoretická část této diplomové práce je rozdělena na dvě části, a to na obezitu a tělesné složení a výživu. První část, věnovaná obezitě, popisuje její příčiny, rizikové faktory, důsledky a také její léčbu. Je zde také věnovaná kapitola pohybové aktivity, která představuje nedílnou součást léčby a především prevenci obezity. Druhá část se věnuje tělesnému složení a výživě. Popisuje jednotlivé tělesné komponenty, metody měření tělesného složení a také základní energetické substráty.

Výzkumný soubor tvořilo 20 klientů, přičemž pohlaví bylo zastoupeno stejně – 10 mužů a 10 žen. Klienti byli rozděleni do kategorií dle pohlaví a dle hodnoty BMI na nadváhu, obezitu 1. stupně a obezitu 2 - 3. stupně. Do kategorie nadváhy bylo zařazeno 6 mužů a 4 ženy. Průměrná tělesná hmotnost před tříměsíčním intervenčním programem byla u mužů s nadváhou 96kg, zatímco u žen s nadváhou byla hmotnost 77,2kg. Do kategorie obezita 1. stupně byli zařazeni 3 muži a 4 ženy. Průměrná hmotnost u mužů s obezitou 1. stupně byla před tříměsíčním intervenčním programem 97,6kg a u žen 88,9kg. Kategorie obezita 2. - 3. stupně zahrnovala 1 muže a dvě ženy. Průměrná hmotnost žen v této kategorii byla před tříměsíčním intervenčním programem 106kg a u muže 120,3. U obou pohlaví i jednotného souboru bylo pozorováno snižování hodnot sledovaných tělesných komponent, s výjimkou parametrů svalové a kostní hmoty, které zůstaly buďto na stejné hodnotě, nebo byl jejich rozdíl zanedbatelný.

Podařilo se nám prokázat statisticky významný pokles hmotnosti po tříměsíčním intervenčním programu, a tak jsme potvrdili hypotézu H1. Potvrdila se nám také hypotéza H2, u které jsme zjišťovali, zda došlo ke statisticky významnému rozdílu mezi BMI před a po tříměsíčním intervenčním programu. U hypotézy H3 jsme hledali statisticky významný rozdíl mezi tělesným složením před a po tříměsíčním intervenčním programu. U svalové a kostní hmoty jsme nezamítli nulovou hypotézu a tudíž neprokázali statisticky významný nárůst obou tělesných komponent po tříměsíčním intervenčním programu. Procento tělesného tuku zaznamenalo statisticky významný pokles po tříměsíčním intervenčním programu. Pokles viscerálního tuku a metabolického věku byl taky statisticky potvrzen. U celkové tělesné tekutiny byl statisticky potvrzen nárůst po tříměsíčním intervenčním programu.

Diplomová práce prokazuje, že tříměsíční intervenční program, zahrnující adekvátní dietní opatření, vyplývající ze základů pestré stravy a dostatečné pohybové aktivity, která se skládá ze silového tréninku a aerobního cvičení, pomůže osobám s nadváhou a obezitou snížit

tělesnou hmotnost, BMI, procento tělesného tuku, viscerální tuk, metabolický věk a naopak zvýšit celkovou tělesnou tekutinu. Intervenční program napomůže lidem nejen snížit hodnoty tělesných komponent, ale také zlepšit zdravotní stav, nalézt sebevědomí a pozitivně vnímat své tělo.

## 8. Summary

The theoretical part of this thesis is divided into two parts, namely obesity and body composition and nutrition. The first section, on obesity, describes its causes, risk factors, consequences and also its treatment. There is also a chapter devoted to exercise, which is an integral part of the treatment and, above all, prevention of obesity. The second part deals with body composition and nutrition. It describes individual body components, methods of measuring body composition, as well as basic energy substrates.

The research pool consisted of 20 clients, with gender equally represented - 10 men and 10 women. Clients were divided into categories according to gender and BMI for overweight, 1st degree obesity and 2 - 3rd degree obesity. The overweight category included 6 men and 4 women. The average body weight before the three-month intervention programme was 96kg for overweight men, while 77.2kg for overweight women. Grade 1 obesity included 3 men and 4 women. The mean weight for men with grade 1 obesity was 97.6kg before the three-month intervention programme and 88.9kg for women. Obesity category 2. - Grade 3 included 1 man and two women. The average weight of women in this category was 106kg before the three-month intervention programme and 120.3. Decreases in the values of the observed body components were observed for both sexes and the single set, except for muscle and bone parameters which remained either the same or the difference was negligible.

We were able to demonstrate a statistically significant decrease in weight after the three-month intervention programme and so confirmed the H1 hypothesis. We also confirmed the H2 hypothesis, where we investigated whether there was a statistically significant difference between BMI before and after the three-month intervention programme. For the H3 hypothesis, we looked for a statistically significant difference between body composition before and after the three-month intervention programme. For muscle and bone mass, we did not reject the zero hypothesis and thus did not show a statistically significant increase in both body components after the three-month intervention programme. The percentage of body fat experienced a statistically significant decrease after the three-month intervention programme. The decrease in visceral fat and metabolic age was also statistically confirmed. The increase in total body fluid was statistically confirmed after a three-month intervention programme.

The thesis demonstrates that a three-month intervention programme, including adequate dietary measures, resulting from the basics of a varied diet and sufficient exercise, consisting of strength training and aerobic exercise, will help those who are overweight and



obese to lose weight; BMI, body fat percentage, visceral fat, metabolic age and vice versa increase total body fluid. The intervention programme will help people not only to reduce the values of body components, but also to improve health, find self-esteem and feel positive about their body.

## 9. Referenční seznam

Adams, S. A., Der Ananian, C. A., DuBose, K. D., Kirtland, K. A., Ainsworth, B. E. (2003). Physical activity levels among overweight and obese adults in south carolina. *Southern Medical Journal*, 96, 539-43.

ALVES, A. R., MARINHO, D. A., PECÊGO, M., FERRAZ, R., MARQUES, M. C., & NEIVA, H. P. (2021). Strength training combined with high-intensity interval aerobic training in young adults' body composition. *Trends in Sport Sciences*, 28(3), 187–193.

Baer, J. T. (2013). Improving protein and vitamin d status of obese patients participating in physical rehabilitation. *Rehabilitation Nursing Journal*, 38, 115-9. <https://dx.doi.org/10.1002/rnj.100>

Barstad, L. H., Júlíusson, P. B., Johnson, L. K., Hertel, J. K., Lekhal, S., & Hjelmæsæth, J. Gender-related differences in cardiometabolic risk factors and lifestyle behaviors in treatment-seeking adolescents with severe obesity. *BMC Pediatrics*, 2018(61). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12887-018-1057-3>

Bertolaso, C., Groleau, V., Schall, J. I., Maqbool, A., Mascarenhas, M., Latham, N. E., Dougherty, K. A., Stallings, V. A. (2014). Fat-soluble vitamins in cystic fibrosis and pancreatic insufficiency: efficacy of a nutrition intervention. *Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition*, 58, 443-8. <https://dx.doi.org/10.1097/MPG.0000000000000272>

Best, T., Kemps, E., & Bryan, J. Effects of saccharides on brain function and cognitive performance. *NUTRITION REVIEWS*, 63, 1-6. <https://doi.org/10.1301/nr.2005.dec.409-418>

Black, C. D., Schubert, D. J., Szczyglowski, M. K., Wren, J. D. (2018). Carbohydrate mouth rinsing does not prevent the decline in maximal strength after fatiguing exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 32, 2466-2473. <https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000002444>

Black, M. I., Allen, S. J., Forrester, S. E., Folland, J. P. (2020). The anthropometry of economical running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52, 762-770. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000002158>

Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnálek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory* (1st ed.). Univerzita Palackého v Olomouci

Bowden Davies, K. A., Sprung, V. S., Norman, J. A., Thompson, A., Mitchell, K. L., Harrold, J. O. A., Finlayson, G., Gibbons, C., Wilding, J. P. H., Kemp, G. J., Hamer, M., Cuthbertson, D. J. (2019). Physical activity and sedentary time: association with metabolic health and liver fat. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *51*, 1169-1177. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000001901>

Broskey, N. T., Martin, C. K., Burton, J. H., Church, T. S., Ravussin, E., Redman, L. M. (2021). Effect of aerobic exercise-induced weight loss on the components of daily energy expenditure. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *53*, 2164-2172. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000002689>

Buys, R., Budts, W., Delecluse, C., Vanhees, L. (2013). Exercise capacity, physical activity, and obesity in adults with repaired aortic coarctation. *Journal of Cardiovascular Nursing*, *28*, 66-73. <https://dx.doi.org/10.1097/JCN.0b013e318239f430>

Clinical significance of visceral fat reduction through health education in preventing atherosclerotic cardiovascular disease - Lesson from the Amagasaki Visceral Fat Study: A Japanese perspective. (2011). *Nutrition & Metabolism*, *8*(1), 57-60. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-8-57>

Coppini, L. Z., Waitzberg, D. L., Campos, A. C. (2005). Limitations and validation of bioelectrical impedance analysis in morbidly obese patients. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, *8*, 329-32.

Český statistický úřad. *Průměrný Čech trpí mírnou nadváhou* [online]. 11. 4. 2018, 1 [cit. 2021-9-8]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/prumerny-cech-trpi-mirnou-nadvahou>

Czech Republic Has The Third Highest Obesity Rate in EU. *PRAGUE MORNING* [online]. 26. 7. 2021 [cit. 2022-02-13]. Dostupné z: <https://praguemorning.cz/czech-republic-has-the-third-highest-obesity-rate-in-eu/>

Dilektasli, E., & Demir, B. Definitions and current indications for obesity and metabolic surgery. *ANNALS OF LAPAROSCOPIC AND ENDOSCOPIC SURGERY*. <https://doi.org/10.21037/ales-20-52>

Dostálová, I., & Sigmund, M. (2017). *Pohybový systém: Anatomie diagnostika cvičení masáže* (1st ed.). Poznání.

De-Regil, L. M., Jefferds, M. E. D., Pena-Rosas, J. P. (2017). Point-of-use fortification of foods with micronutrient powders containing iron in children of preschool and school-age. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, CD009666. <https://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD009666.pub2>

El-Koofy, N., Soliman, H., Elbarbary, M. A., Garhy, A. S. E., Sheba, M., Fouad, H. (2020). Use of anthropometry versus ultrasound for the assessment of body fat and comorbidities in children with obesity. *Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition*, 71, 782-788. <https://dx.doi.org/10.1097/MPG.0000000000002884>

Freitas, P. D., Silva, A. G., Ferreira, P. G., DA Silva, A., Salge, J. M., Carvalho-Pinto, R. M., Cukier, A., Brito, C. M., Mancini, M. C., Carvalho, C. R. F. (2018). Exercise improves physical activity and comorbidities in obese adults with asthma. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50, 1367-1376. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000001574>

Fořt, P. (2004). Stop dětské obezitě. 1. vyd. Praha: Ikar.

Garza, C., Stover, P. J., Ohlhorst, S. D., Field, M. S., Steinbrook, R., Rowe, S., Woteki, C., Campbell, E. (2019). Best practices in nutrition science to earn and keep the public's trust. *American Journal of Clinical Nutrition*, 109, 225-243. <https://dx.doi.org/10.1093/ajcn/nqy337>

Germano, M. D., Sindorf, M. A. G., Crisp, A. H., Braz, T. V., Brigatto, F. A., Nunes, A. G., Verlengia, R., Moreno, M. A., Aoki, M. S., Lopes, C. R. (2022). Effect of different recoveries during hiit sessions on metabolic and cardiorespiratory responses and sprint performance in healthy men. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 36, 121-129. <https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000003423>

Gonzalez, J. T., Betts, J. A., Thompson, D. (2019). Carbohydrate availability as a regulator of energy balance with exercise. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 47, 215-222. <https://dx.doi.org/10.1249/JES.0000000000000196>

Graybeal, A. J., Moore, M. L., Cruz, M. R., Tinsley, G. M. (2020). Body composition assessment in male and female bodybuilders: a 4-compartment model comparison of dual-energy x-ray absorptiometry and impedance-based devices. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 34, 1676-1689. <https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000002831>

Grozenski, A., Kiel, J. (2020). Basic nutrition for sports participation, part 1: diet composition, macronutrients, and hydration. *Current Sports Medicine Reports*, 19, 389-391. <https://dx.doi.org/10.1249/JSR.0000000000000753>

Guo, Y., Schaub, F., Mor, J. M., Jia, R., Koch, K. R., Heindl, L. M. (2020). A simple standardized three-dimensional anthropometry for the periocular region in a european population. *Plastic & Reconstructive Surgery*, 145, 514e-523e. <https://dx.doi.org/10.1097/PRS.00000000000006555>

Hainer, V., & kolektiv. (2011). *Základy klinické obezitologie* (2.nd ed.). Grada.

Hashizume, Y., & Tandia, M. (2020). The reduction impact of monoglucosyl rutin on abdominal visceral fat: A randomized, placebo-controlled, double-blind, parallel-group. *Journal of food science*, 85(10), 3577–3589. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15429>

Han, S. J., & Lee, S. H. (2021). Nontraditional Risk Factors for Obesity in Modern Society. *Journal of obesity & metabolic syndrome*, 30(2), 93–103. <https://doi.org/10.7570/jomes21004>

Huang, L., Wang, L., Tan, J., Liu, H., Ni, Y. (2021). High-dose vitamin c intravenous infusion in the treatment of patients with covid-19: a protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 100, e25876. <https://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000025876>

Chen, M. B., Wang, H., Cui, W. Y., Xu, H. L., Zheng, Q. H. (2021). Effect of sglit inhibitors on weight and lipid metabolism at 24 weeks of treatment in patients with diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. *Medicine*, 100, e24593. <https://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000024593>

Iturriaga, T., Barcelo, O., Diez-Vega, I., Cordero, J., Pulgar, S., Fernandez-Luna, A., & Perez-Ruiz, M. (2020). Effects of a short workplace exercise program on body composition in women: A randomized controlled trial. *Health Care for Women International*, 41(2), 133–146. <https://doi.org/10.1080/07399332.2019.1679813>

Jakicic, M, J., Otto, D, A. Physical activity considerations for the treatment and prevention of obesity, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 82, Issue 1, July 2005, Pages 226S–229S, <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.1.226S>

Jetté, M. Sydney, K., Blümchen G. Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clin Cardiol.* 1990 Aug;13(8):555-65. doi: 10.1002/clc.4960130809. PMID: 2204507.

Justina, O. A., Nneoma, K. C., Petronilla, O. C., Ikenna, U. C., Sylvester, C. C., Gloria, M. U., & Gloria, E. A. (2021). The Effect Of Aerobic Dance Exercise On Self-Perceived Body Image And Self-Esteem In Overweight And Obese Individuals. *Archives of Physiotherapy & Global Researches*, 25(1), 27–35. <https://doi.org/10.15442/apgr.25.1>.

Kjeldsen, J., Hjorth, M., Andersen, R. *et al.* Short sleep duration and large variability in sleep duration are independently associated with dietary risk factors for obesity in Danish school children. *Int J Obes* 38, 32–39 (2014). <https://doi.org/10.1038/ijo.2013.147>

Kleinerová, S., & Greenwood-Robinsonová, M. (2015). *Fitness výživa: Power eating program* (2nd ed.). Grada.

Klimešová, I., & Stelzer, J. (2012). *Fyziologie výživy* (1st ed.). Hanex.

Kohutová, M. (2015). *Zdraví, nemoc, prevence a výživová doporučení*. Středisko vzdělávání s.r.o.

Knuttgen, H. G. (2007). Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21, 973-8.

Kuehn B. M. Resetování cirkadiálních hodin by mohlo zvýšit metabolické zdraví. *JAMA*. 2017; 317 (13): 1303–1305. doi: 10.1001/jama.2017.0653

Kulštejn, M. (2015). *Sacharidové vlny: Cyklování sacharidů pro účinné odbourávání tuků* (1st ed.). Erasport.

Lai, Y. J., Chang, H. S., Yang, Y. P., Lin, T. W., Lai, W. Y., Lin, Y. Y., Chang, C. C. (2021). The role of micronutrient and immunomodulation effect in the vaccine era of covid-19. *Journal of the Chinese Medical Association: JCMA*, 84, 821-826. <https://dx.doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000587>

*Lékařské váhy a metry: Popis funkcí tělesného analyzátoru TANITA* [online]. 2010 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <http://lekarske-vahy.cz/inc/getfile.php?file=7d68ae3bc8868fb95fc91db077d8238131de1994>

*Lékařské váhy a metry: Podíl tělesné vody* [online]. 2010 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <http://www.lekarske-vahy.cz/podil-telesne-vody.htm>

Lee, M. M., Jebb, S. A., Oke, J., Piernas, C. (2020). Reference values for skeletal muscle mass and fat mass measured by bioelectrical impedance in 390 565 uk adults. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 11, 487-496. <https://dx.doi.org/10.1002/jcsm.12523>

Liang, M. T., Su, H. F., Lee, N. Y. (2000). Skin temperature and skin blood flow affect bioelectric impedance study of female fat-free mass. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 221-7.

Liu, S. Y., Walter, S., Marden, J., Rehkopf, D. H., Kubzansky, L. D., Nguyen, T., & Glymour, M. M. Genetic vulnerability to diabetes and obesity: Does education offset the risk? *SOCIAL SCIENCE & MEDICINE*, 127, 1-22. <https://doi.org/doi:10.1016/j.socscimed.2014.09.009>.

Ljubojević, A., Jovanović, S., Zrnić, R., & Šebić, L. (2016). Zumba Fitness Cardio Exercise: The Effects on Body Fat Mass Reduction of Woman. *Homo Sporticus*, 18(1), 32–35.

Louie, J. C., Markovic, T. P., Ross, G. P., Foote, D., Brand-Miller, J. C. (2015). Effect of a low glycaemic index diet in gestational diabetes mellitus on post-natal outcomes after 3 months of birth: a pilot follow-up study. *Maternal & Child Nutrition*, 11, 409-14. <https://dx.doi.org/10.1111/mcn.12039>

Malihi, Z., Portch, R., Hashemi, L., Schlichting, D., Wake, M., Morton, S., Fa'alili-Fidow, J., Mensah, F., Carr, P., Kingi, T. K., Grant, C. C., & Denny, S. (2021). Modifiable Early Childhood Risk Factors for Obesity at Age Four Years. *Childhood obesity*, (3). <https://doi.org/DOI: 10.1089/chi.2020.0174>

Mastná, B. (1999). *Nadváha a obezita*. Praha: Triton.

Matrangola, S. L., Madigan, M. L. (2009). Relative effects of weight loss and strength training on balance recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41, 1488-93. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31819bd4bd>

Mehta, N. M., Raphael, B., Guteirrez, I. M., Quinn, N., Mitchell, P. D., Litman, H. J., Jaksic, T., Duggan, C. P. (2014). Comparison of body composition assessment methods in pediatric

intestinal failure. *Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition*, 59, 99-105. <https://dx.doi.org/10.1097/MPG.0000000000000364>

Melanson, E. L., Keadle, S. K., Donnelly, J. E., Braun, B., King, N. A. (2013). Resistance to exercise-induced weight loss: compensatory behavioral adaptations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45, 1600-9. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31828ba942>

Moore, J., & Boesch, C. (2019). Getting energy balance right in an obesogenic World. *Proceedings of the Nutrition Society*, 78(3), 259-261. Doi: 10.1017/S0029665118002720

Monro, J. A., & Shaw, M. Glycemic impact, glycemic glucose equivalents, glycemic index, and glycemic load: definitions, distinctions, and implications. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ajcn/87.1.237S>

Neovius, M., Udden, J., Hemmingsson, E. (2007). Assessment of change in body fat percentage with dxa and eight-electrode bia in centrally obese women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 2199-203.

*Obezita a nadváha*. World Health Organization. Retrieved August 2, 2021, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

O'Grady, J., Shanahan, F. (2021). Macronutrients, microbiome and precision nutrition. *Current Opinion in Gastroenterology*, 37, 145-151. <https://dx.doi.org/10.1097/MOG.0000000000000705>

Oldroyd, J., Renzaho, A. & Skouteris, H. Nízká a vysoká porodní hmotnost jako rizikové faktory obezity u 4 až 5letých australských dětí: záleží na pohlaví? *Eur J Pediatr* **170**, 899–906 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00431-010-1375-4>

Oppert, J. M., Bellicha, A., Baak, M. A., Battista, F., Beaulieu, K., Blundell, J. E., Carraça, E. V., Encantado, J., Ermolao, A., Farpour-Lambert, N., Woodward, E., & Busetto, L. (2012). Exercise training in the management of overweight and obesity in adults: Synthesis of the evidence and recommendations from the European Association for the Study of Obesity Physical Activity Working Group. *Obesity reviews*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/obr.13273>

Petr, M., & Šťastný, P. (2012). *Funkční a silový trénink* (1st ed.). Univerzita Karlova v Praze.



Pérez, P., A., Muñoz, J., Cortés, B., & De Pablos Velasco, P. (2007). Obezita a kardiovaskulární onemocnění. *Výživa veřejného zdraví*, 10 (10A), 1156-1163. Doi: 10,1017/S1368980007000651

Proietti, M., Guiducci, E., Cheli, P., Lip, G. Y. (2017). Is there an obesity paradox for outcomes in atrial fibrillation? A systematic review and meta-analysis of non-vitamin k antagonist oral anticoagulant trials. *Stroke*, 48, 857-866. <https://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.015984>

Puklová, V. (2018) Výskyt nadváhy a obezity. *Státní zdravotnický ústav Praha*, 1-6. [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info\\_listy/Vyskyt\\_nadvahy\\_a\\_obezity\\_2018.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/Vyskyt_nadvahy_a_obezity_2018.pdf)

Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: Příručka funkční antropologie* (3rd ed.). Hanex.

Rodriguez, G., Moreno, L. A., Sarria, A., Fleta, J., Bueno, M. (2000). Assessment of nutritional status and body composition in children using physical anthropometry and bioelectrical impedance: influence of diurnal variations. *Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition*, 30, 305-9.

Rodrigues, J. A. L., Santos, B. C., Medeiros, L. H., Goncalves, T. C. P., Junior, C. R. B. (2021). Effects of different periodization strategies of combined aerobic and strength training on heart rate variability in older women. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 35, 2033-2039. <https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000003013>

Roubík, L., Šindelář, M., Vašík, R., &. (2018). *Moderní výživa: Ve fitness a silových sportech* (1st ed.). Erasport.

Roy, M., Williams, S. M., Brown, R. C., Meredith-Jones, K. A., Osborne, H., Jospe, M., Taylor, R. W. (2018). High-intensity interval training in the real world: outcomes from a 12month intervention in overweight adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50, 1818-1826. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000001642>

Simonet, T., Gakuba, C., Desmeulles, I., Corouge, J., Beucher, G., Morello, R., Gerard, J. L., Ducloy-Bouthors, A. S., Dreyfus, M., Hanouz, J. L. (2020). Effect of oral carbohydrate intake during labor on the rate of instrumental vaginal delivery: a multicenter, randomized controlled trial. *Anesthesia & Analgesia*, 130, 1670-1677. <https://dx.doi.org/10.1213/ANE.0000000000004515>

Sinha, R., & Jastreboff, A. M. Stress as a Common Risk Factor for Obesity and Addiction. *Biological Psychiatry: A journal of psychiatric Neuroscience and Therapeutics*, 73(9). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.01.032>

Skolnik, H., & Chernus, A. (2011). *Výživa pro maximální sportovní výkon: Správně načasovaný jídelníček* (1st ed.). Grada.

Song, C., Zhu, M., Zheng, R., Hu, Y., Li, R., Zhu, G., Chen, L., Xiong, F. (2019). Analysis of bone mass and its relationship with body composition in school-aged children and adolescents based on stage of puberty and site specificity: a retrospective case-control study. *Medicine*, 98, e14005. <https://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000014005>

Stiegler, P., Cunliffe, A. (2006). The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Medicine*, 36, 239-62.

Stojković, M., Heinrich, K. M., Čvorović, A., Jeknić, V., Greco, G., & Kukić, F. (2022). Accuracy of Body Mass Index and Obesity Status in Police Trainees. *European Journal of Investigation in Health, Psychology & Education (EJIHPE)*, 12(1), 42-49. <https://doi.org/10.3390/ejihpe12010004>

Svačina, Š., & Bretšnajdrová, A. (2008). *Jak na obezitu a její komplikace*. Grada.

Tagawa, R., Watanabe, D., Ito, K., Ueda, K., Nakayama, K., Sanbongi, C., & Miyachi, M. (2021). Dose-response relationship between protein intake and muscle mass increase: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*, 79(1), 66-75. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa104>

Tanita: Osobní váha Tanita pro zdraví a sport. [online]. [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: <https://www.tanita.cz/cti/82/osobni-vaha-tanita-pro-zdravi-a-sport/>

*The Functions of Carbohydrates in the Body*. EUFIC: Food facts for healthy choices. Retrieved October 23, 2021, from <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/the-basics-carbohydrates>

Treuth, M. S., Hunter, G. R., Williams, M. (1996). Effects of exercise intensity on 24-h energy expenditure and substrate oxidation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28, 1138-43.

Trojan, S. (2003). *Lékařská fyziologie*. 4. vydání. Praha : Grada.

Vítek, L. (2008). *Jak ovlivnit nadváhu a obezitu* (1st ed.). Grada.

Vissers, D., Hens, W., Hansen, D., Taeymans, J. (2016). The effect of diet or exercise on visceral adipose tissue in overweight youth. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48, 1415-24. <https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000000888>

Voet, N. B., van der Kooi, E. L., van Engelen, B. G., Geurts, A. C. (2019). Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD003907. <https://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD003907.pub5>

Wang, H., Wang, J., Liu, M. -M., Liu, Y. -Q., Zhao, Y., Huang, M. -M., Liu, Y., Sun, J., & Dong, G. -H. Epidemiology of general obesity, abdominal obesity and related risk factors in urban adults from 33 communities of northeast china: the CHPSNE study. *BMC Public Health*, 2012(12). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-967>

Wang, J. G., Zhang, Y., Chen, H. E., Li, Y., Cheng, X. G., Xu, L., Guo, Z., Zhao, X. S., Sato, T., Cao, Q. Y., Chen, K. M., Li, B. (2013). Comparison of two bioelectrical impedance analysis devices with dual energy x-ray absorptiometry and magnetic resonance imaging in the estimation of body composition. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27, 236-43. <https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824f2040>

Westerterp, K. R. (2008). Physical activity as determinant of daily energy expenditure. *Physiology & Behavior*, 93(4-5), 1039-43. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2008.01.021>

Wijndaele, K., Duvigneaud, N., Matton, L., Duquet, W., Thomis, M., Beunen, G., Lefevre, J., Philippaerts, R. M. (2007). Muscular strength, aerobic fitness, and metabolic syndrome risk in flemish adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 233-40.

Williamson, E., Kato, H., Volterman, K. A., Suzuki, K., Moore, D. R. (2019). The effect of dietary protein on protein metabolism and performance in endurance-trained males. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51, 352-360.

<https://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000001791>

[www.tanita-eshop.cz](http://www.tanita-eshop.cz)

Wong, A., Figueroa, A. (2021). Effects of acute stretching exercise and training on heart rate variability: a review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 35, 1459-1466.

<https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000003084>

Yang, Q., Huang, G., Tian, Q., Liu, W., Sun, X., Li, N., Sun, S., Zhou, T., Wu, N., Wei, Y., Chen, P., Wang, R. (2018). "living high-training low" improved weight loss and glucagon-like peptide-1 level in a 4-week weight loss program in adolescents with obesity: a pilot study. *Medicine*, 97, e9943. <https://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000009943>

Zhang, Z., Xu, G., Yang, F., Zhu, W., Liu, X. (2014). Quantitative analysis of dietary protein intake and stroke risk. *Neurology*, 83, 19-25.

<https://dx.doi.org/10.1212/WNL.0000000000000551>

Zhou, P., Shao, R., Wang, H., Miao, J., Wang, X. (2020). Dietary vitamin a, c, and e intake and subsequent fracture risk at various sites: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Medicine*, 99, e20841. <https://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000020841>

## 10. Přílohy

Příloha 1. Popisné statistiky tělesné hmotnosti

Příloha 2. Popisné statistiky BMI

Příloha 3. Popisné statistiky svalové hmoty

Příloha 4. Popisné statistiky procenta tělesného tuku

Příloha 5. Popisné statistiky viscerálního tuku

Příloha 6. Popisné statistiky metabolického věku

Příloha 7. Popisné statistiky celkové tělesné tekutiny

Příloha 8. Popisné statistiky kostní hmoty

Tabulka 1. Popisné statistiky tělesné hmotnosti

<b>Hmotnost</b>	n	min	q0.25	median	mean	q0.75	max	var	sd
Počáteční stav	20	67.1	86.950	93.90	93.275	100.975	120.3	169.124	13.005
1. měsíc intervence	20	65.2	82.175	89.90	89.560	95.575	117.9	169.557	13.021
2. měsíc intervence	20	63.2	78.500	87.70	86.825	92.425	113.3	164.728	12.835
3. měsíc intervence	20	62.1	74.925	85.65	84.875	90.550	111.0	154.841	12.444

Tabulka 2. Popisné statistiky BMI

<b>BMI</b>	n	min	q0.25	median	mean	q0.75	max	var	sd
Počáteční stav	20	25.9	28.675	29.95	30.860	32.925	41.8	14.685	3.832
1. měsíc intervence	20	25.5	27.725	28.55	29.630	31.400	40.2	13.529	3.678
2. měsíc intervence	20	24.4	26.675	27.65	28.695	28.900	40.0	13.766	3.710
3. měsíc intervence	20	23.6	25.950	27.55	28.045	28.300	38.6	13.282	3.644

Tabulka 3. Popisné statistiky svalové hmoty

<b>Svalová hmota</b>	n	min	q0.25	median	mean	q0.75	max	var	sd
Počáteční stav	20	39.4	48.10	58.4	58.980	70.15	79.0	154.731	12.439
1. měsíc intervence	20	39.4	47.15	58.2	58.775	70.15	80.5	166.637	12.909
2. měsíc intervence	20	39.1	47.40	58.0	59.005	69.95	80.2	169.662	13.025
3. měsíc intervence	20	40.7	47.45	58.2	59.265	70.15	79.0	165.686	12.872

Tabulka 4. Popisné statistiky procenta tělesného tuku

<b>Procento tělesného tuku</b>	n	min	q0.25	median	mean	q0.75	max	var	sd
Počáteční stav	20	18.6	25.000	34.00	33.395	40.100	52.3	93.385	9.664
1. měsíc intervence	20	14.8	23.075	30.65	31.070	37.375	51.5	97.521	9.875
2. měsíc intervence	20	10.7	21.000	28.50	28.985	35.125	50.4	106.496	10.320
3. měsíc intervence	20	8.9	17.875	28.30	27.285	34.075	47.3	104.796	10.237

Tabulka 5. Popisné statistiky viscerálního tuku

<b>Viscerální tuk</b>	n	min	q0.25	median	mean	q0.75	max	var	sd
Počáteční stav	20	6	7.75	9.0	9.40	10.25	15	6.042	2.458
1. měsíc intervence	20	5	6.75	8.0	8.15	9.25	14	5.187	2.277
2. měsíc intervence	20	3	6.00	7.0	7.25	8.00	14	6.303	2.511
3. měsíc intervence	20	3	5.00	6.5	6.55	7.00	13	5.208	2.282

Tabulka 6. Popisné statistiky metabolického věku

<b>Metabolický věk</b>	n	min	q0.25	median	mean	q0.75	max	var	sd
Počáteční stav	20	29	39.00	49.5	48.55	57.50	64	114.261	10.689
1. měsíc intervence	20	27	35.75	43.5	44.10	53.00	59	116.832	10.809
2. měsíc intervence	20	20	33.75	36.5	39.35	50.00	58	133.818	11.568
3. měsíc intervence	20	18	28.25	34.0	35.55	45.25	55	123.208	11.100

Tabulka 7. Popisné statistiky celkové tělesné tekutiny

<b>Celková tělesná tekutina</b>	n	min	q0.25	median	mean	q0.75	max	var	sd
Počáteční stav	20	36.2	44.600	47.30	48.09	52.425	60.2	34.294	5.856
1. měsíc intervence	20	36.7	45.525	48.15	49.29	53.925	60.8	40.226	6.342
2. měsíc intervence	20	37.5	46.725	51.45	51.21	56.575	64.0	45.265	6.728
3. měsíc intervence	20	38.5	48.175	51.60	52.64	58.375	65.3	47.324	6.879

Tabulka 8. Popisné statistiky kostní hmoty

<b>Kostní hmota</b>	n	min	q0.25	median	mean	q0.75	max	var	sd
Počáteční stav	20	2.1	2.600	3.15	3.170	3.700	4.7	0.501	0.708
1. měsíc intervence	20	2.1	2.575	3.10	3.155	3.650	4.8	0.559	0.748
2. měsíc intervence	20	2.1	2.575	3.10	3.175	3.675	4.8	0.546	0.739
3. měsíc intervence	20	2.2	2.600	3.10	3.205	3.675	4.9	0.562	0.749