

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Vliv cyklické ketogenní diety na redukci viscerálního tuku**

**Bakalářská práce**

**Tereza Růžičková**

**Výživa a potraviny (ATZD)**

**Ing. Zora Kotíková, Ph.D.**

**© 2019 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv cyklické ketogenní diety na redukci viscerálního tuku" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17. 4. 2019

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zoře Kotíkové, Ph.D., za odborné vedení bakalářské práce a za vstřícnost a ochotu při konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat oběma dobrovolníkům za účast a poctivé dodržování dietních opatření.

## **Souhrn**

Bakalářská práce se zabývala účinkem cyklické ketogenní diety na redukci viscerální tukové tkáně. V literárním přehledu byly popsány lipidy, jejich význam ve výživě člověka i jejich metabolismus. Dále se práce zaměřila na ketogenezi a ketogenní dietu, její historii a formy. Pozornost byla kladena i na princip sestavení jídelníčku pro cyklickou ketogenní dietu včetně vhodného výběru potravin.

V praktické části bakalářské práce byl srovnán vliv cyklické ketogenní diety s dietou, jejíž zastoupení sacharidů, tuků a bílkovin se shodovalo s doporučeným trojpoměrem makroživin (55 % sacharidů, 30 % tuků, 15 % bílkovin). Studie se zúčastnili dva dobrovolníci, kteří byli měřeni v průběhu dietních intervencí na přístroji InBody 270. Každé dietní opatření trvalo pět týdnů, stejně jako doba mezi nimi. Energetický příjem byl vypočítán pro každou dietu zvlášť na základě aktuální míry bazálního metabolismu. Ten jsme určili pomocí bioimpedančního měření, zahrnujícího svalovou hmotu, tukovou hmotu a další údaje o složení těla. Energetický deficit byl nastaven na 20 %. Jídelníček sledoval preference jedince a sportovní aktivitu, kterou provozovali shodně třikrát týdně a bylo nutné ji zohlednit v energetickém příjmu na den.

Sledovanými parametry byly množství tukové a viscerální tukové tkáně a celková hmotnost. Ztráta na váze ale nesestávala vždy jen z čisté tukové hmoty. Po obou dietách jsme zaznamenali úbytek viscerální tukové tkáně. Byl navrhnout výpočet účinnosti diet, ve kterém byla redukce viscerální tukové tkáně vztažena na jeden kilogram zredukované tukové tkáně.

Výsledky byly zpracovány formou případové studie (kazuistiky). Po zhodnocení výsledků nebyl spatřen významný rozdíl mezi CKD a dietou s normálním zastoupením sacharidů. S přihlédnutím k výpovědi dobrovolníků o průběhu jednotlivých diet byla proto pro běžnou populaci doporučena klasická dieta pro redukci tukové tkáně společně s tukem viscerálním.

**Klíčová slova:** cyklická ketogenní dieta, ketóza, ketolátky, redukce tuku, viscerální tuk

# **The effect of cyclical ketogenic diets on the reduction of visceral fat**

## **Summary**

This Bachelor thesis dealt with effects of cyclic ketogenic diet on reduction of visceral adipose tissue. Lipids, their importance in human nutrition as well as their metabolism were described in the literary summary. Another part of this thesis focused on the ketogenesis and ketogenic diet, its history and forms. Emphasis was put on the principle of dietary regimen creation including appropriate choices of foodstuffs.

In the practical part of this Bachelor thesis the influence of cyclic ketogenic diet and diet where proportional representation of carbohydrates, fats and proteins corresponded with the recommended tri-ratio of macro nutrients (55 % carbohydrates, 30 % fats, 15 % proteins) was compared. Two volunteers participated in this study. They were measured during certain diet periods by the InBody 270 instrument. Each of these diet periods took five weeks - the same length as the periods between them. Energy intake based on current rate of basal metabolism was calculated for each diet separately. It was determined with the help of bio-impedance measurement including muscular tissue, adipose tissue and other data of body composition. Energy deficit was set at 20 %. The dietary regimen followed individual preferences as well as sports activities, which were practised identically three times a week and it was necessary to take them into consideration in energy intake per day.

Parameters like amount of adipose tissue, visceral tissue and total weight were observed. Weight loss was not always created by adipose tissue amount only. After both diets we detected visceral adipose tissue loss. Diet efficiency calculation was suggested relating the reduction of visceral tissue to one kilogram of reduced adipose tissue.

Results were processed in a way of a case study. After evaluation of the results, no important differences between CKD and the diet with normal representation of carbohydrates were found. Considering volunteers' evidence of the course of individual diets, for normal population we recommended the classic diet for adipose reduction and visceral reduction as well.

**Keywords:** cyclical ketogenic diet, fat reduction, ketone bodies, ketosis, visceral fat

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Přehled literatury .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Lipidy .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Lipidy v lidské výživě.....</b>	<b>3</b>
3.2.1	Triacylglyceroly (TAG).....	3
3.2.2	Monoacylglyceroly (MAG) a diacylglyceroly (DAG) .....	4
3.2.3	Mastné kyseliny (FA) .....	4
3.2.3.1	Esenciální mastné kyseliny (EFA) .....	5
3.2.3.2	<i>Trans</i> mastné kyseliny (TFA).....	5
<b>3.3</b>	<b>Tuková tkáň.....</b>	<b>6</b>
3.3.1	Viscerální tuková tkáň .....	6
3.3.1.1	Antropometrické měření.....	7
3.3.1.2	Bioelektrická impedance (BIA).....	8
<b>3.4</b>	<b>Metabolismus lipidů.....</b>	<b>8</b>
3.4.1	Lipolýza .....	8
3.4.2	$\beta$ -oxidace.....	9
3.4.2.1	Aktivace mastných kyselin.....	9
3.4.2.2	Průběh $\beta$ -oxidace .....	9
3.4.2.3	Uplatnění acetyl-CoA .....	10
<b>3.5</b>	<b>Ketogeneze .....</b>	<b>10</b>
3.5.1	Ketolátky.....	10
3.5.2	Tvorba ketolátek .....	11
3.5.3	Ketolýza.....	11
<b>3.6</b>	<b>Ketogenní dieta.....</b>	<b>12</b>

3.6.1	Historie.....	12
3.6.2	Využití ketogenní diety při léčbě obezity .....	13
3.6.3	Typy ketogenní diety .....	14
3.6.4	Ketogenní poměr.....	14
3.6.5	Adaptace na ketózu.....	15
3.6.6	Složení jídelníčku .....	15
3.6.6.1	Sacharidy .....	15
3.6.6.2	Bílkoviny .....	16
3.6.6.3	Tuky.....	16
3.6.6.4	Voda .....	16
<b>3.7</b>	<b>Cyklická ketogenní dieta (CKD).....</b>	<b>16</b>
3.7.1	Nastavení CKD .....	17
3.7.1.1	Energetický příjem .....	17
3.7.1.2	Rozpočet makroživin.....	18
3.7.2	Ketogenní fáze .....	18
3.7.3	Sacharidová fáze .....	19
3.7.4	Jídelníček .....	19
3.7.4.1	Maso .....	20
3.7.4.2	Mléčné výrobky.....	20
3.7.4.3	Vejce.....	20
3.7.4.4	Sója.....	21
3.7.4.5	Ořechy a semínka .....	21
3.7.4.6	Ovoce.....	21
3.7.4.7	Zelenina .....	21
3.7.4.8	Lahůdky a suplementy.....	21
<b>4</b>	<b>Praktická část .....</b>	<b>23</b>
4.1	Metodika .....	23

4.1.1	Výběr dobrovolníků.....	23
4.1.2	Diety.....	23
4.1.3	Měření složení těla.....	24
4.1.4	Energetický příjem.....	25
4.1.5	Jídelníček .....	25
4.1.6	Pohybový plán .....	25
4.1.7	Analýza dat .....	25
<b>5</b>	<b>Kazuistika č. 1 .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>Dieta s normálním zastoupením sacharidů.....</b>	<b>27</b>
5.1.1	Výsledky diety .....	27
<b>5.2</b>	<b>Cyklická ketogenní dieta .....</b>	<b>30</b>
5.2.1	Výsledky diety .....	30
<b>5.3</b>	<b>Výpočet účinnosti obou typů diet na redukci viscerální tukové tkáně.....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Kazuistika č. 2 .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1</b>	<b>Dieta s normálním zastoupením sacharidů.....</b>	<b>34</b>
6.1.1	Výsledky diety .....	34
<b>6.2</b>	<b>Cyklická ketogenní dieta .....</b>	<b>37</b>
6.2.1	Výsledky diety .....	37
<b>6.3</b>	<b>Výpočet účinnosti obou typů diet na redukci viscerální tukové tkáně.....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>52</b>
<b>11</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>



# 1 Úvod

Dle údajů publikovaných Českým statistickým úřadem trpělo v České republice v roce 2017 nadváhou 47 % mužů a 33 % žen. Obezita ve stejném roce postihovala 20 % mužů a 18 % žen. Celosvětově dle světové zdravotnické organizace (WHO) počet lidí s indexem tělesné hmotnosti (BMI) značícím nadváhu neustále narůstá a nedaří se tuto epidemii obezity zastavit.

S faktory podílejícími se na špatné zdravotní kondici lidské populace je často spojován nepřiměřeně vysoký energetický příjem společně s malou pohybovou aktivitou. Nevyužitá energie je následně uložena do tukové tkáně.

Tuková tkáň ale není pouze prostým energetickým uložištěm, nýbrž důležitým endokrinním orgánem s vysokou mírou metabolické aktivity (Kershaw & Flier 2004).

Mezi nejnebezpečnější tukovou tkáň řadíme tu, která se hromadí v dutině břišní v blízkosti vnitřních orgánů. Je označována jako viscerální tuková tkáň. Hromaděním této tkáně může dojít k rozvoji metabolického syndromu (Ritchie & Connell 2007) či jiným kardiometabolickým onemocněním (Fox et al. 2007).

Pokud se člověk rozhodne zredukovat svou váhu a množství tukové tkáně, má na výběr z nesmírné spousty dietních opatření. Mezi momentálně asi nejdiskutovanější dietu patří ketogenní dieta.

Ketogenní dieta, jež vznikla před více než sto lety jako účinný nástroj pro léčbu dětské epilepsie, je od šedesátých let využívána i při léčbě obezity. Tento stravovací režim dostal své jméno po ketolátkách, které jsou tvořeny v procesu ketogeneze.

Při ketogenní dietě jsou sacharidy omezeny natolik, že je tělo nuceno začít využívat jiný zdroj energie než glukózu. Lidé na ketogenní dietě proto konzumují ve vysoké míře tuky, které se společně s uvolněnými mastnými kyselinami z tukové tkáně stávají klíčovými pro vznik ketolátek.

Ketogenní dieta však nemá pouze jedinou formu. Pro lidi, kteří si chtějí dopřát pár sacharidových jídel či dnů, jsou navrženy i takové varianty, které to umožňují.

Stejně jako jiné diety by měla být ketogenní dieta podstupována pod odborným dohledem. Problematika, která se pojí se správným nastavením příjmu energie, živin a celkové skladby jídelníčku, může totiž mít pro laika negativní dopad, ať už v podobě následného jojo efektu, nebo kupříkladu nedostatku mikronutrientů a vlákniny ve stravě.

## **2 Cíl práce**

Podrobně popsat vznik ketózy u člověka a její vliv na redukci viscerálního tuku oproti dietě s přiměřeným příjmem sacharidů.

## 3 Přehled literatury

### 3.1 Lipidy

Jedná se o skupinu látek, která je chemicky i funkčně velice různorodá. Lipidy mohou mít rostlinný i živočišný původ a jejich společnou vlastností je převaha hydrofobních částí molekul, které způsobují jejich nerozpustnost ve vodě. K rozpuštění lipidů je proto nutné použít organické rozpouštědlo (Kerr et al. 2015).

Rozdělení lipidů je velmi složité, neboť neexistuje jednotná definice. Rozhodující je úhel pohledu, z něhož na lipidy nahlížíme. Pro chemickou a biochemickou praxi se užívá rozdělení lipidů do tří hlavních skupin.

- 1) Homolipidy – sloučeniny mastných kyselin vázaných na alkohol. Alkoholem v přírodních lipidech bývá nejčastěji glycerol, ale mohou obsahovat například i vyšší jednosytné alifatické alkoholy.
- 2) Heterolipidy – sloučeniny, které se podílejí zejména na výstavbě buněčných membrán, neboť obsahují hydrofobní i hydrofilní část. Dle heterogenní složky, kterou obsahují, je lze rozdělit na fosfolipidy, glykolipidy a sulfolipidy.
- 3) Komplexní lipidy – makromolekulární látky vyznačující se lipidovou složkou, která je vázána na nelipidový podíl (nejčastěji protein) vodíkovými můstky, hydrofobními interakcemi či jinými fyzikálními vazbami (Velíšek & Hajšlová 2009).

### 3.2 Lipidy v lidské výživě

Lipidy jsou pro organismus svými vlastnostmi klíčové, zejména z důvodu výstavby buněčných membrán (Baginski 2012). Důležité jsou i z hlediska vstřebávání lipofilních vitaminů (A, D, E, K) nebo tvorby některých hormonů (Brát 2017). Svou energetickou hodnotou (38 kJ/1 g), která je dvojnásobná oproti sacharidům a proteinům, výrazně zvyšují celkovou energii v jídle a zároveň pozitivně ovlivňují i jeho senzorycké vlastnosti: chuť, vůni, konzistenci (Svačina 2008).

#### 3.2.1 Triacylglyceroly (TAG)

Nejvýznamnější skupinou lipofilních látek v lidské výživě a potravinářském průmyslu jsou triacylglyceroly (TAG) ze skupiny homolipidů (Velíšek & Hajšlová 2009). Jsou tvořeny alkoholem glycerolem se třemi esterově vázanými mastnými kyselinami. Tyto sloučeniny se

obecně nazývají tuky (Brát 2017). Jsou skladovány jako zásoba energie v cytoplasmě adipocytů neboli tukových buněk (Svačina 2008).

Skupenství TAG závisí na obsahu nasycených či nenasycených mastných kyselin. Jestliže převažují nasycené zbytky mastných kyselin, tuk je pevného skupenství a při pokojové teplotě je pevný. Pokud je tomu naopak a převažují nenasycené zbytky mastných kyselin, tuk je kapalný – olej (Kleiner & Greenwood-Robinson 2010). Nasycené pevné tuky mají většinou živočišný původ, zatímco oleje jsou původu rostlinného. Výjimku u živočišných tuků tvoří rybí tuk, který je kapalný a obsahuje polyenové mastné kyseliny. V rostlinné říši je analogickým případem kokosový tuk (obecně tuky exotických palem), který je pevného skupenství z důvodu vysokého obsahu nasycených mastných kyselin (Teicholz 2014).

### 3.2.2 Monoacylglyceroly (MAG) a diacylglyceroly (DAG)

V případě, že je molekula glycerolu esterifikována pouze jedinou mastnou kyselinou, výsledná sloučenina se nazývá monoacylglycerol. Esterifikací dvou mastných kyselin vzniká diacylglycerol (Velíšek & Hajšlová 2009). Diacylglyceroly a monoacylglyceroly jsou též označovány jako parciální estery glycerolu. Parciální estery glycerolu se používají jako emulgátory. Přírodně vznikají pomocí enzymů v procesu lipolýzy, to ovšem vede k nežádoucí snížené kvalitě tuku (Brát 2017).

### 3.2.3 Mastné kyseliny (FA)

Nejvýznamnější složkou lipidů jsou mastné kyseliny, které lze z hlediska struktury označit za monokarboxylové kyseliny s alifatickým uhlovodíkovým řetězcem. Nicméně rozdíly mezi přírodními a průmyslovými tuky jsou tak velké, že tato definice nedokáže zcela postihnout všechny mastné kyseliny vyskytující se v lipidech (Velíšek & Hajšlová 2009). Řetězec mastné kyseliny je tvořen atomy uhlíku, kterých je zpravidla sudý počet. V závislosti na obsazenosti vazeb uhlíku sousedním vodíkem a uhlíkem rozlišujeme mastné kyseliny s dvojnými vazbami a bez nich (Brát 2017).

Pokud mastné kyseliny obsahují pouze jednoduché vazby, pak je souhrnně nazýváme nasycené mastné kyseliny (SFA), protože jsou maximálně nasyceny atomy vodíku. V případě, že mezi atomy uhlíku jsou dvojně vazby, označují se takovéto mastné kyseliny jako nenasycené. Výsledný počet dvojných vazeb udává, zda se jedná o mastné kyseliny monoenové (MUFA), které obsahují pouze jednu dvojnou vazbu, nebo polyenové (PUFA), které jich obsahují více (Lawrence 2010).

Mastné kyseliny se navzájem liší i svou délkou, tedy počtem uhlíků v molekule. Z tohoto hlediska se rozdělují na mastné kyseliny s krátkým řetězcem 4–6 C, se středně dlouhým řetězcem 8–10 C a s dlouhým řetězcem 12–18 C. Výhodou mastných kyselin s krátkým a středně dlouhým řetězcem je jejich možnost rychlého využití jako zdroje energie v játrech, jelikož jsou rozpustné ve vodě a vstřebávají se hned do krve. Naopak mastné kyseliny s dlouhým řetězcem jsou ve formě lipoproteinových částic transportovány přes lymfatický systém (Brát 2015).

### 3.2.3.1 Esenciální mastné kyseliny (EFA)

Výrazný zdravotní aspekt mají polyenové esenciální mastné kyseliny n-3 ( $\alpha$ -linolenová kyselina) a n-6 (linolová kyselina). Lidské tělo si je neumí syntetizovat, a proto je musí přijímat v dostatečném množství potravou (Tvrzicka et al. 2011). Rozdíl mezi n-3 a n-6 mastnými kyselinami spočívá v lokalizaci první dvojně vazby od methylového konce molekuly mastné kyseliny. V n-6 mastné kyselině se první dvojná vazba vyskytuje mezi 6. a 7. atomem uhlíku, na rozdíl od n-3 mastné kyseliny, kdy se první dvojná vazba nalézá mezi 3. a 4. atomem uhlíku (Simopoulos 2008).

Zdravotní benefity ovšem závisí na optimálním poměru esenciálních mastných kyselin přijímaných stravou. Pokud tento poměr není dodržen, zdravotní benefity mizí. Správný poměr n-3 ku n-6 stále není přesně definován a stejně tak se zdravý poměr mění i s věkem. Studie prokazují pozitivní zdravotní efekty při poměrech n-3 a n-6 až 1:10 (Sheppard & Cheatham 2018). Dříve byl běžný poměr 1:1, ale s rozvojem potravinářského průmyslu a dalších faktorů, je západní strava charakteristická svým poměrem až 1:20. Tato disproporce potlačuje přínosné vlastnosti n-3 mastných kyselin, jako je snižování hladiny cholesterolu o velmi nízké hustotě (VLDL) a triacylglycerolů a obecně protizánětlivých účinků (Simopoulos 2011).

### 3.2.3.2 *Trans* mastné kyseliny (TFA)

Jsou-li uhlíky, které sousedí s dvojnou vazbou v molekule nenasycené mastné kyseliny, orientovány na stejnou stranu, hovoří se o konfiguraci *cis*, která je pro zdraví neškodná. Jsou-li orientovány opačně, jedná se o konfiguraci *trans* (Brát 2017). *Trans* mastné kyseliny vznikají procesem částečné hydrogenace rostlinných olejů, teplotním namáháním nebo přirozeně v batoru prostřednictvím bakteriálních enzymů u přežvýkavců. Nejčastěji se vyskytují v margarínech a průmyslově zpracovaných výrobcích. Jsou spojovány s rozvojem aterosklerózy (Ahmed et al. 2018) a smrtí zapříčiněnou náhlými srdečními obtížemi (de Souza et al. 2015).

### 3.3 Tuková tkáň

Základní složkou tukové tkáně jsou tukové buňky – adipocyty, jejichž skoro celý objem vyplňují tukové kapénky triacylglycerolů (Svačina 2008). Tuková tkáň je nezbytná pro udržení energetické rovnováhy celého těla (Hames et al. 2015) a je uznávána jako důležitý endokrinní orgán s vysokou mírou metabolické aktivity (Kershaw & Flier 2004). Hormonální a metabolické profily se liší na základě toho, kde se tuková tkáň nachází, a tyto fyziologické i buněčné rozdíly mají velký vliv na zdraví (Kwok et al. 2016). Zmíněné odlišnosti se týkají zejména viscerální tukové tkáně a podkožní tukové tkáně (Coelho et al. 2013). Obě tyto tukové tkáně spadají do tzv. bílé tukové tkáně, která se lokálně liší svou metabolickou aktivitou (Hainer 2011).

Dalším typem tukové tkáně je hnědá tuková tkáň, která se vyskytuje u novorozence a její morfologie je uzpůsobena primárně na produkci tepla. Adipocyty jsou menší a obsahují výrazně více mitochondrií. Mitochondrie způsobují nahnědlou barvu tukové tkáně a vytváří teplo oxidací mastných kyselin v adipocytech (Coelho et al. 2013). S věkem hnědá tuková tkáň u člověka vymizí – pouze malé množství zůstane roztroušeno v podobě fragmentů v bílé tukové tkáni v dospělosti (Hainer 2011).

#### 3.3.1 Viscerální tuková tkáň

Metabolicky aktivnější je viscerální (nitrobřišní) tuková tkáň, která se hromadí v dutině břišní (Hainer 2011). Viscerální tuková tkáň roste s přibývajícím věkem u mužů a u postmenopauzálních žen, u kterých upřednostněné uložení tuku do abdominální oblasti souvisí s poklesem produkce estrogenu v období menopauzy (Tsao et al. 2019). Hromaděním tuku v okolí intraabdominálních orgánů vzniká centrální či viscerální obezita, která je spojována s patologickými stavy zahrnujícími poruchu metabolismu glukózy a lipidů, vznik metabolického syndromu (Ritchie & Connell 2007) a kardiometabolické poruchy (Fox et al. 2007). Zvýšené hodnoty viscerální tukové tkáně jsou také rizikovým faktorem pro vznik kolorektálního karcinomu (Oh et al. 2008). Výrazné snížení rizika vzniku metabolického syndromu a dalších komplikací souvisí s poklesem právě viscerální tukové tkáně, která produkuje nadměrné množství potenciálně škodlivých adipocytokinů (Coelho et al. 2013).

Tukové buňky produkují několik významných adipocytokinů, které mají prozánětlivé či protizánětlivé účinky. Převaha prozánětlivých adipocytokinů vede ke stavu chronického zánětu, který se rozvíjí společně s obezitou (Chouchami & Kajimura 2019). Mezi takové patří například faktor nekrózy nádorů – TNF- $\alpha$ , jenž má zásadní vliv na vznik inzulinové rezistence

související s obezitou (Ouchi et al. 2011). Jeho největším producentem jsou makrofágy, které jsou infiltrovány do tukové tkáně. Dalšími prozánětlivými adipocytokiny jsou resistin, interleukin-6 a další. Naopak protizánětlivě působí adiponektin, který mimo jiné zvyšuje citlivost na inzulín a stimuluje oxidaci mastných kyselin (Coelho et al. 2013). Adiponektin je vylučován funkčními adipocyty u štíhlých jedinců a chrání je tak před vznikem metabolické dysfunkce (Ouchi et al. 2011).

Pro stanovení viscerální tukové tkáně lze využít několik metod, které se navzájem liší svou náročností. Mezi nejméně náročné patří antropometrické měření a bioimpedanční metoda (Shuster et al. 2012).

### 3.3.1.1 Antropometrické měření

*Index tělesné hmotnosti (BMI)* slouží k posouzení obezity, ale nevypovídá nic o množství a distribuci tuku v těle, případně například o množství svalové hmoty. Proto je nutné brát tento index pouze jako orientační a u specifických skupin osob jako jsou sportovci, těhotné ženy nebo děti, se tyto výpočty správně ani neprovádí.

BMI se počítá jako poměr mezi hmotností jedince v kilogramech ( $x$ ) a druhou mocninou jeho výšky v metrech ( $y$ ), tedy  $x/y^2$ . S rostoucím BMI indexem roste riziko zdravotních komplikací. Světová zdravotnická organizace (WHO) dle vypočtené hodnoty rozlišuje následující kategorie BMI: podváha ( $<18,5$ ), normální hmotnost ( $18,5-24,9$ ), pre-obezita ( $25,0-29,9$ ), třída obezity I ( $30,0-34,9$ ), třída obezity II ( $35,0-39,9$ ), třída obezity III ( $>40$ ).

*Obvod pasu (WC)* se jako indikátor viscerální obezity a rizika vzniku metabolických a oběhových komplikací používá zdaleka nejčastěji (Svačina 2008). Obsahuje pouze dvě kategorie rizik, a to zvýšené a vysoké (Fried 2005). Rizikové pásmo nabývá u mužů a žen rozdílných hodnot. Tzv. zvýšené riziko u mužů nastává při obvodu pasu větším než 94 cm, u žen se identická hranice nachází na 80 cm. O vysokém riziku hovoříme tehdy, má-li muž obvod pasu přes 102 cm a žena přes 88 cm (Svačina 2008).

*Poměr obvodu pasu k bokům (WHR)* poukazuje na viscerální obezitu. Obvod pasu zahrnuje zejména viscerální tuk, obvod boků zahrnuje pouze podkožní tuk. Zvýšený poměr obvodu pasu k bokům je spojován s vysokým podílem intraabdominálního tuku (Shuster et al. 2012). Dle klasifikace IOTF (The International Obesity Task Force), která se na mezinárodní úrovni zabývá problematikou obezity, se distribuce tuku dělí na čtyři typy na základě výsledného poměru. Jsou to: spíše periferní (u mužů  $<0,85$ , u žen  $<0,75$ ), vyrovnaná (u mužů  $0,85-0,90$ , u žen  $0,75-0,80$ ), spíše centrální (u mužů  $0,90-0,95$ , u žen  $0,80-0,85$ ), centrální riziková (u mužů  $>0,95$ , u žen  $>0,85$ ).

### 3.3.1.2 Bioelektrická impedance (BIA)

Metoda bioelektrické impedance (BIA) je relativně přesná, přenosná a není náročná na zkušenosti personálu. Principem je hodnocení impedance (odporu) při průchodu střídavého proudu o jedné či více frekvencích. Elektrický proud snadno prochází prostředím bohatým na elektrolyty a vodu (krev, svaly), a naopak těžce prochází tkání tukovou nebo kostní. Impedanční měření je pak dáno do souvislosti se zadanými daty (výška, váha, věk, pohlaví) o konkrétním měřeném jedinci (Zadák & Květina 2011). Měření se provádí na přístrojích InBody. Přístroje InBody dělí množství ( $\text{cm}^2$ ) viscerálního tuku v těle na pět kategorií: nízké zastoupení ( $<40 \text{ cm}^2$ ), normální zastoupení ( $40\text{--}70 \text{ cm}^2$ ), hraniční zastoupení ( $70\text{--}100 \text{ cm}^2$ ), nadhraniční zastoupení ( $100\text{--}130 \text{ cm}^2$ ) a extrémní zastoupení viscerálního tuku v těle ( $130\text{--}160 \text{ cm}^2$ ).

Bioelektrická impedance je využívána i k celkovému odhadu procentuálního zastoupení tukové tkáně (PBF). Obsah tuku v těle se genderově liší, proto i hraniční hodnoty indexu jsou pro muže a ženy odlišné. Přístroj InBody rozeznává šest kategorií: tuk esenciální (muži 2–3 %, ženy 10–13 %), sportovci (muži 6–12 %, ženy 14–20 %), zdatní jedinci (muži 13–16 %, ženy 21–24 %), přijatelné procento tuku (muži 17–21 %, ženy 25–30 %), nadváha (muži 22–29 %, ženy 31–39 %) a obezita (muži  $>30 \%$ , ženy  $>40 \%$ ) (InBody 2017).

## 3.4 Metabolismus lipidů

Zásobní triacylglyceroly v tukové tkáni jsou potenciálním zdrojem energie pro organismus. Aby mohly být takto využity, musí se z nich do krve uvolnit mastné kyseliny. Proces, jenž mobilizuje mastné kyseliny z tukové tkáně, se nazývá lipolýza (Duncan et al. 2017).

### 3.4.1 Lipolýza

Lipolýza je katabolický biochemický děj, při kterém jsou triacylglyceroly hydrolyticky štěpeny a mastné kyseliny se dostávají do krve a do periferních tkání (Lass et al. 2011). Mastné kyseliny jsou mobilizovány selektivně dle jejich struktury, nikoliv dle zastoupení v tukové tkáni. Nejvíce jsou mobilizovány polyenové mastné kyseliny a nejméně nasycené (Fernández-Quintela et al. 2007). Průběh lipolýzy je závislý na specifických hydrolázách, obecně nazývaných lipázy, které postupně uvolňují mastné kyseliny z triacylglycerolu ve třech po sobě jdoucích krocích. První krok zahrnuje hydrolýzu TAG pomocí triglyceridové lipázy (ATGL) na diacylglycerol (DAG). Současně se uvolní jedna mastná kyselina (Lass et al. 2011). Diacylglycerol je pomocí enzymu HSL (hormon senzitivní lipáza) hydrolyzován na



monoacylglycerol (MAG) a je uvolněna druhá mastná kyselina. Tento krok probíhá 10× až 30× rychleji než první hydrolýza. V posledním kroku je za účasti monoglyceridové lipázy (MGL) hydrolyzován MAG na glycerol a třetí mastnou kyselinu (Duncan et al. 2007). Konečnými produkty lipolýzy jsou glycerol a tři mastné kyseliny (Birnbaum 2003).

### 3.4.2 $\beta$ -oxidace

Mastné kyseliny jsou krví dopravovány do tkání, jako jsou například svaly, aby zde poskytly energii díky mitochondriální  $\beta$ -oxidaci (Adeva-Andany et al. 2018).  $\beta$ -oxidace je katabolickým dějem, při kterém vzniká energie pro udržení homeostázy buněk a tkání. Děje se tak zvláště během stavu nalačno a stravy bez sacharidů (Saponaro et al. 2015).

#### 3.4.2.1 Aktivace mastných kyselin

Před samotnou  $\beta$ -oxidací je nutná aktivace mastné kyseliny a následný přenos aktivované mastné kyseliny přes mitochondriální membránu do matrix mitochondrie. Aktivace probíhá v cytosolu buňky pomocí enzymu acyl-CoA syntetázy, která naváže koenzym A na mastnou kyselinu (Adeva-Andany et al. 2018). Následná konjugace karnitinového přenašeče a aktivované mastné kyseliny umožní acylkarnitinové translokáze vzniklý acylkarnitin přenést přes mitochondriální membránu do matrix mitochondrie. Tam je acylkarnitin následně rozložen zpět na výchozí acyl-CoA a karnitin. Karnitin se vrací do cytoplasmy a acyl-CoA je připraven pro  $\beta$ -oxidaci (Longo et al. 2016).

#### 3.4.2.2 Průběh $\beta$ -oxidace

Proces zahrnuje čtyři po sobě jdoucí kroky, které se skládají z dehydrogenace, hydratace, dehydrogenace, a nakonec thiolického štěpení (Modre-Osprian et al. 2009). Prvním krokem je dehydrogenace acyl-CoA pomocí acyl-CoA dehydrogenázy se spoluúčastí FAD, který přijímá elektrony a redukuje se na FADH<sub>2</sub>. Vzniká  $\alpha$ ,  $\beta$ -enoyl-CoA, jehož dvojná vazba je následně hydratována enoyl-CoA hydratázou a vzniká 3-hydroxyacyl-CoA. Ten je v další fázi dehydrogenován hydroxyacyl-CoA-dehydrogenázou s účastí NAD<sup>+</sup> na  $\beta$ -ketoacyl-CoA, který je velmi nestabilní a štěpí se za pomoci koenzymu A thiolázy na acetyl-CoA a acyl-CoA, přičemž acyl-CoA je o dva uhlíky kratší než výchozí látka (Houten & Wanders 2010). Postupně se tak po každém cyklu odstraňují vždy 2 atomy uhlíku a generuje se jedna molekula acetyl-CoA (Modre-Osprian et al. 2009).  $\beta$ -oxidací mastných kyselin vzniká acetyl-CoA, NADH a FADH<sub>2</sub> (Adeva-Andany et al. 2018).

### 3.4.2.3 Uplatnění acetyl-CoA

Za normálních podmínek, kdy je dostatek oxalacetátu, acetyl-CoA vzniklý  $\beta$ -oxidací vstupuje do Krebsova cyklu a generuje energii v podobě ATP. V momentě, kdy hladovíme nebo ve stravě omezíme sacharidy, tělo si oxalacetát šetří na glukoneogenezi a Krebsův cyklus se zpomalí. Acetyl-CoA proto musí najít jinou metabolickou dráhu pro své uplatnění. Takovou novou metabolickou dráhou je ketogeneze (Lopes-Cardozo et al. 1975).

Při hladovění nebo nedostatku sacharidů je více stimulována tuková tkáň, která proto uvolňuje větší množství mastných kyselin, které projdou  $\beta$ -oxidací. Vzniká nadbytek acetyl-CoA, ze kterého se začínají tvořit ketolátky jako alternativní zdroj energie (Shi & Tu 2015).

## 3.5 Ketogeneze

Ketogeneze je specifický biochemický proces v organismu, při kterém vznikají ketolátky. Tento posun v organismu, kdy glukóza není využívána jako primární zdroj energie, nastává nejen kvůli nedostatečnému příjmu sacharidů, ale i v kombinaci se změnou mitochondriálního poměru acetyl-CoA/CoA a NADH/NAD<sup>+</sup>, kdy přebytek acetyl-CoA dává vzniknout ketolátkám (Youngson et al. 2017). Ketogeneze nahrazuje glukoneogenezi, když dostupnost glukózy výrazně klesne a zásoby glykogenu a endogenní produkce glukózy z nesacharidových látek nepokryjí dostatečně potřebu organismu. Následná tvorba ketolátek v mitochondriích jater tak poskytuje alternativní zdroj energie pro vysoce oxidační tkáně (Zhang et al. 2018).

Ketogeneze je způsobována a stimulována stavem nalačno, cvičením, kalorickým omezením nebo stravou s nízkým obsahem sacharidů (Bovey et al. 2018). Naopak inhibována je vysokou hladinou inzulínu v krvi (Evans et al. 2017). Děti daleko lépe produkují a umí využít ketolátky než dospělí. Tato skutečnost je velmi významná v období podávání mateřského mléka, v němž je obsaženo vysoké procento tuku. Mozek je v tomto případě závislý na energii z ketolátek (Newman & Verdin 2014).

### 3.5.1 Ketolátky

Ketolátky jsou nesprávně nazývané ketony. Chemicky odpovídají struktuře ketonů pouze dvě sloučeniny ze tří, a to acetoacetát a aceton. Třetí ketolátka  $\beta$ -hydroxybutyrát obsahuje namísto jednoho vodíku hydroxyskupinu, proto nemůže být technicky řazena mezi ketony (Pinckaers et al. 2017).

Ketolátky jsou skvělým zdrojem energie pro srdce, ledviny, kosterní svalovinu, ale i pro mozek, kde je důležitá jejich schopnost překonat hematoencefalické bariéry (Manninen 2004).

Naopak červené krvinky a játra jako zdroj energie ketolátky využít nemohou. Za tímto účelem potřebují glukózu, kterou odbourávají v glykolýze. Glykolýza v těchto tkáních uvolní laktát, jenž se vrací zpět do jater a je využit na opětovnou tvorbu glukózy v glukoneogenezi. Energie je dodávána díky zvýšené oxidaci mastných kyselin (Manninen 2006).

### 3.5.2 Tvorba ketolátek

Pro tvorbu ketolátek je potřeba nadbytek acetyl-CoA. Mastné kyseliny proto musí být v dostatečném množství uvolňovány z tukových buněk bílé tukové tkáně (White & Venkatesh 2011). V situaci, kdy poklesne koncentrace jaterního glykogenu, sníží se hladina glukózy v krvi a zvýší se poměr glukagonu k inzulinu, dochází ke stimulaci lipolýzy (Evans et al. 2017). Uvolněné mastné kyseliny jsou transportovány do jater, kde jsou v procesu mitochondriální  $\beta$ -oxidace metabolizovány na potřebný acetyl-CoA (Newman & Verdin 2014).

Samotná tvorba ketolátek začíná kondenzací dvou molekul acetyl-CoA enzymem acetoacetyl-CoA thiolázou za vzniku acetoacetyl-CoA. Následným připojením třetí molekuly acetyl-CoA pomocí 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA syntázy (HMG-CoA syntáza) vzniká 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA (HMG-CoA). HMG-CoA se pomocí 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA lyázy (HMGL-CoA lyáza) štěpí na základní ketolátku – acetoacetát a jednu molekulu acetyl-CoA (Grabacka et al. 2016).

Acetoacetát je redukován 3-hydroxybutyrát dehydrogenázou a potřebným NADH za vzniku  $\beta$ -hydroxybutyrátu nebo spontánně dekarboxylován na aceton (Evans et al. 2017). Následně jsou ketolátky z jater transportovány krví do extrahepatálních tkání, kde jsou oxidovány na acetyl-CoA, který dále vstupuje do oxidačních reakcí Krebsova cyklu (Puchalska & Crawford 2017).

Močí je ztraceno až 20 % ketolátek (Paoli et al. 2013). Hladiny ketolátek v krvi při nutriční ketóze nepřesahují 7–8 mmol/l. Tento stav nutriční ketózy se velice liší od ketoacidózy, která vzniká například při nekontrolované cukrovce 1. i 2. typu a jedná se o závažnou a nepříznivou situaci (Gosmanov et al. 2014). Při ketoacidóze hodnoty ketolátek v krvi mohou dosahovat až 25 mmol/l (Kanikarla-Marie & Jain 2016). Ketoacidóza se také objevuje ve spojitosti se závislostí na alkoholu (McGuire 2006).

### 3.5.3 Ketolýza

Zisk energie z ketolátek probíhá jejich oxidací v mitochondriích. Tento proces probíhá v podstatě ve všech buňkách s výjimkou hepatocytů a erytrocytů. Ketolátky  $\beta$ -hydroxybutyrát a acetoacetát jsou absorbovány z krve monokarboxylátovým transportérem 1 (MCT1). Uvnitř

buněk dochází k jejich aktivaci na acetoacetyl-CoA za účasti enzymu sukcinyl-CoA-dependentní transferázy. Následně se acetoacetyl-CoA pomocí acetoacetyl-CoA thiolázy (ACAT1) rozštěpí na dvě molekuly acetyl-CoA. Existence molekuly acetyl-CoA je ukončena oxidací v citrátovém cyklu. Energie redukovaných kofaktorů je následně využita v dýchacím řetězci k syntéze ATP (Grabacka et al. 2016).

### 3.6 Ketogenní dieta

Nízkosacharidové stravování v posledních letech zažívá rozmach coby alternativní způsob stravování. Ovšem ne každá nízkosacharidová dieta může být nazývána dietou ketogenní. Ketogenní dieta by měla být determinována obsahem sacharidů, který by neměl překročit 50 gramů na den, resp. jejich příjem by měl být co možná nejnižší. V takovém případě bude docházet k tvorbě ketolátek, jež se stanou hlavním zdrojem energie (Paoli et al. 2013).

Zcela se tak boří běžná, široce doporučovaná potravinová pyramida, ve které tuky nepřesahují 30 %, bílkoviny 15 % a zbylých 55 % energetického příjmu tvoří sacharidy.

V dietě, jež se také často nazývá ketogenní a v níž jsou nejvíce zastoupeny bílkoviny (zatímco sacharidy společně s tuky jsou omezeny), dochází rovněž ke ketogenezi. Tato dieta by se však měla správně nazývat jako „protein-sparing modified fast“. Energetický příjem na den zpravidla nepřesahuje 4185 kJ (Wilson & Lowery 2017). Tuto formu diety můžeme pozorovat v mnohých komerčních programech slibujících rychlé zhubnutí.

#### 3.6.1 Historie

S nadsázkou lze tvrdit, že ketogenní dieta je ve své podstatě stará jako lidstvo samo, jelikož charakteristický metabolický stav, kdy organismus tvoří a čerpá energii z ketolátek, nastává i v případě hladovění či půstu (McDonald 1998). Půst jakožto nástroj léčby mnohých lidských onemocnění a zejména epilepsie používal a popsal ve svých pracích již Hippokratés v 5. století před naším letopočtem. Stejně tak epileptického chlapce pomocí půstu měl vyléčit Ježíš (Wheless 2008).

První moderní poznatky o půstu jako účinném nástroji léčby dětské epilepsie pochází z 20. let 20. století, zejména díky pařížské dvojici lékařů Guelpovi a Mariemu. K léčbě lidské obezity se princip ketogeneze začal využívat až v 60. letech 20. století (Paoli et al. 2013).

Mechanismus účinku půstu na lidský organismus jako první popsali američtí lékaři Cobb a Lennox z Harvardovy univerzity na začátku 20. let 20. století. Tito lékaři studovali vliv půstu na epilepsii. Zaznamenali, že záchvatů ubylo v rozmezí 2–3 dnů po zahájení léčby v souvislosti se změnou metabolismu, která nastává půstem nebo nedostatkem sacharidů ve stravě.

Ve 20. letech 20. století je rovněž důležitou osobou dr. Russell M. Wilder, který jako první nastavil skutečný stravovací režim (již ne pouze prostý půst), tak aby umožňoval vznik ketogeneze u člověka. Toto stravovací opatření nazval ketogenní dieta, tedy strava tvořící ketony (Wheless 2008).

Než farmakologický průmysl pokročil a uvedl na trh nové protiepileptické medikamenty (1938), byla léčba pomocí ketogenní diety velmi oblíbená. Její náročnost, ve srovnání s pouhým spolknutím pilulky, ji ale předurčila k zapomnění. Znovuobjevení se dočkala až v 90. letech 20. století. Od té doby slouží opět jako účinný prostředek léčby epilepsie i jiných neurologických poruch (Boison 2017).

### 3.6.2 Využití ketogenní diety při léčbě obezity

Od 60. let 20. století zaznamenala ketogenní dieta široké využití i v léčbě obezity (Paoli et al. 2013). Zprvu šlo o využití pouze stavu ketogeneze u morbidně obézních lidí, kteří tak pod odborným dohledem drželi půst a směli pozřít pouze vodu a suplementovat minerály a vitaminy. To ovšem vyústilo v nepříjemně velkou ztrátu vody i svalové hmoty. Proto byla na začátku sedmdesátých let navržena dieta známá pod zkratkou PSMF (protein-sparing modified fast), kdy pacienti směli navíc přijímat takové množství kvalitních bílkovin, které jim zajistilo zachování svalové hmoty a zároveň nenarušilo ketogenezi.

První, kdo upravil ketogenní dietu pro širokou veřejnost, byl Robert Atkins, který vydal na začátku sedmdesátých let knihu „Dr. Atkins Diet Revolutions“ (McDonald 1998). Atkinsova dieta je založena na výrazné restrikci sacharidů (pod 30 gramů denně) a neomezeném příjmu tuků a bílkovin (Astrup et al. 2004). Slibovala rychlý úbytek hmotnosti bez hladu a kalorického omezení. Atkinsova dieta byla otevřeně kritizována americkou lékařskou asociací, a přestože si své fanoušky našla, byla pomalu vytěsněna z povědomí (McDonald 1998).

Doporučovaná nízkotučná dieta v posledních desetiletích často nevede ke snížení nárůstu obezity. Proto mnozí začínají volit přístup opačný a do kurzu se dostávají diety nízkosacharidové, tedy diety s daleko větším zastoupením tuku (Gardner 2012). To však vede k desinformacím ohledně zejména ketogenní diety, kterou jsou často nazývány tělu velmi neprospívající komerční produkty.

V současnosti jsou terapeutické účinky ketogenní diety zkoumány například v souvislosti s rakovinou, kardiovaskulárními nemocemi či s léčbou akné (Paoli et al. 2013).

### 3.6.3 Typy ketogenní diety

Ketogenní dieta se řadí do diet nízkosacharidových a má několik typů, které se od sebe různí zastoupením jednotlivých makroživin. Důležitým rozlišujícím prvkem jsou hlavně sacharidy, které mohou být buď zcela vyloučeny, zahrnuty pouze v určité dny, nebo zařazeny společně s fyzickou aktivitou (McDonald 1998).

Prvním typem je standardní ketogenní dieta (SKD), která má vysoké zastoupení energie z tuků a střední obsah bílkovin. Sacharidy jsou omezeny na minimum. Obvykle se nastavuje v poměru 70 % energie z tuků, 20 % energie z bílkovin a zbylých 10 % zastupuje energie ze sacharidů. Druhým typem je cyklická ketogenní dieta (CKD). Tato varianta střídá dvě fáze – ketogenní a neketogenní. Tyto fáze se pravidelně opakují, nejčastěji pět dní ketogenně a dva dny sacharidově. Třetím typem je cílená ketogenní dieta (TKD), kde je umožněno konzumovat sacharidy před intenzivní fyzickou aktivitou a po ní. Často je tento typ diety volen sportovci. Poslední variantou je vysokoproteinová ketogenní dieta (HPKD). Stále vysokotučná dieta, kde je změněn poměr makroživin ve prospěch bílkovin, které jsou zde zastoupeny celými 35 %. Tuky dosahují 60 % a sacharidy jsou omezeny na 5 % (Shilpa & Mohan 2018).

### 3.6.4 Ketogenní poměr

Pro pochopení vlivu jídla na ketogenezi byl vytvořen vzorec pro ketogenní poměr. Jedná se o poměr ketogenních faktorů k anti-ketogenním faktorům, přičemž antiketogenní faktory se vždy rovnají 1 (Shaffer 1921). Ketogenní poměr je definován jako poměr gramů tuků ke gramům sacharidů a proteinů dohromady (Wirrell 2008). Využití nalézá zejména v terapeutické praxi, neboť nejlépe funguje při ekvivalentním příjmu a výdeji energie.

$$\text{ketogenní poměr} = \frac{\text{ketogenní faktory}}{\text{anti - ketogenní faktory}}$$

Ketogenní faktory přispívají ke vzniku ketózy a z makroživin se mezi ně řadí tuk. Anti-ketogenní faktory fungují opačně a patří k nim sacharidy a bílkoviny. Například v léčbě epilepsie se využívá poměr 4:1 (Wilson & Lowery 2017).

Při srovnání poměrů makroživin zastoupených při ketogenní dietě (10 % energie ze sacharidů, 70 % energie z tuků, 20 % energie z bílkovin) a běžné dietě (55 % energie ze sacharidů, 30 % energie z tuků, 15 % energie z bílkovin) je po dosazení do rovnice zřejmé, že ketolátky se tvoří výrazně více na ketogenní či nízkosacharidové stravě (2,3) než při dietě běžné (0,43).

### 3.6.5 Adaptace na ketózu

Lidský organismus čerpá energii primárně ze sacharidů. Nahrazením sacharidů tuky dochází k zásadním změnám v metabolismu a organismus se na tyto změny musí adaptovat. Proces může trvat od několika týdnů až po měsíce v závislosti na předchozím stravování, citlivosti na inzulín, fyzické aktivitě a dalších činitelích. Během adaptace se může objevit i tzv. keto chřipka, jejíž příznaky jsou individuální a odezní po úplném přizpůsobení organismu. Mezi typické symptomy patří nevolnost, průjem, zácpa či únava.

Ketóza je charakteristická hladinou ketolátek v krvi okolo 0,3 mmol/l. Hodnoty ketolátek v krvi u ketózy způsobené ketogenní dietou dosahují nižších hodnot než u ketózy navozené půstem či hladověním. Zpravidla hladina ketolátek v krvi nepřekračuje 7 mmol/l. Výzkumy ukazují, že při dodržování striktní ketogenní diety se hladina ketolátek v krvi pohybuje v rozmezí 0,5–1,5 mmol/l (Wilson & Lowery 2017).

### 3.6.6 Složení jídelníčku

Při ketogenní dietě je sortiment potravin omezen na potraviny povahy bílkovinné, tučné a s minimálním zastoupením sacharidů. Navzdory vynechání velké části sacharidových výrobků, mezi něž patří zejména přílohy, sladkosti a ovoce, nabízí tato dieta velmi pestrou stravu, a to hlavně z důvodu velké a rozmanité nabídky potravin na trhu.

Ketogenní dieta je v podstatě flexibilní a lze sestavit bez větších problémů i jako vegetariánská. Veganská ketogenní dieta není příliš častá a její provedení je velmi obtížné (Heffernan 2018).

Výběrem potravin se ketogenní dieta může lehce přibližovat tzv. paleolitické dietě. Paleolitická dieta neboli dieta „lovců a sběračů“ také vyřazuje průmyslově zpracované potraviny plné sacharidů a jednoduchých cukrů, pečivo, většinu zemědělských produktů, ale například i mléko a mléčné výrobky (Challa & Uppaluri 2019).

#### 3.6.6.1 Sacharidy

Jelikož se jedná o nízkosacharidovou dietu, příjem by měl být do 30, maximálně 50 gramů sacharidů za den. Takové množství by mělo představovat okolo 5–10 % energie z celkového energetického příjmu (Kosinski & Jornayva 2017). Nadbytečný příjem sacharidů znemožňuje ketogenní stav organismu.

Sacharidy by měly mít nízký glykemický index (GI), který nezpůsobuje tak razantní odezvu inzulínu (Ratcliffe 2005). Veškeré sacharidové přílohy, jako brambory, rýže, těstoviny,

amarant, polenta či batáty, jsou zakázány. Stejně tak obiloviny, pečivo, nejrůznější snídaňové cereálie a ovoce.

Sacharidy, které jsou přijímány, pocházejí většinou ze zeleniny, mléčných výrobků a ořechů. Vláknina je přijímána společně se zeleninou a ořechy a její příjem není omezen, neboť nemá zásadní vliv na vyplavení inzulínu (Eenfeldt & Scher 2019).

#### 3.6.6.2 Bílkoviny

Bílkoviny jsou důležité z hlediska výstavby svalů, obnovy tkání a pro řadu dalších funkcí, proto jsou v potravě nezbytné (Churchward-Venne et al. 2013). Z hlediska jejich příjmu při ketogenní dietě platí jasná pravidla: příjem nesmí být příliš nízký, aby nedocházelo ke ztrátě svalové hmoty vlivem katabolismu, ale zároveň nesmí být ani vysoký.

Vysoké množství bílkovin totiž znemožňuje ketogenezi (Phinney 2004). Příjem bílkovin se udává v rozmezí 1,3–1,5 gramů na kilogram tělesné váhy (Paoli et al. 2015).

#### 3.6.6.3 Tuky

Tuky představují v tomto typu stravování nejdůležitější zdroj energie. Jsou přijímány jak živočišné, tak rostlinné oleje. Pozornost je zde zaměřena především na kvalitu tuků. Jejich příjem by měl být vyvážený z hlediska příjmu PUFA, MUFA a SFA. Obecná zásada snižování či kompletní vynechání trans mastných kyselin platí i zde.

Zatímco bílkoviny a sacharidy musí být v ketogenní dietě v podstatě konstantní, množství tuku je variabilní. Po nastavení potřebného množství sacharidů a bílkovin doplňují tuky zbývající energii (McDonald 1998).

#### 3.6.6.4 Voda

Příjem vody by měl být lehce zvýšený, neboť ketogenní dieta vzhledem k močopudné povaze ketolátek může způsobit dehydrataci (McDonald 1998). Není zde omezení ve výběru, pokud se jedná o nápoje bez cukru. Konzumována může být černá káva, čaj i minerální vody.

### 3.7 Cyklická ketogenní dieta (CKD)

Cyklická ketogenní dieta je zajímavé propojení ketogenního dietního režimu a fyzické aktivity. Na rozdíl od standardní ketogenní diety cyklická forma obsahuje v jednom týdnu 1–2 dny se zvýšenými sacharidy, tzv. carb-load fází, při které se organismus dostane z ketózy. Předpokladem pro správné fungování této diety je naprosté vyčerpání glykogenu během ketogenní fáze a jeho následné doplnění v carb-load fázi.



Sedmidenní cyklus ale nepředstavuje dogma. Cyklická ketogenní dieta může být nastavena také pro delší (10–12 dní) nebo kratší cykly (3–4 dní). Výhoda a jeden z důvodů, proč je sedmidenní cyklus nejvyužívanější, je pozitivní psychologický aspekt. Kopíruje totiž běžný pracovní týden a dává člověku možnost jíst víceméně „normálně“ o víkendech (McDonald 1998).

### 3.7.1 Nastavení CKD

Cyklická ketogenní dieta je specifická svými dvěma cykly, ve kterých se mění zastoupení makroživin (McDonald 1998). Pro výpočet potřebného množství sacharidů, bílkovin a tuků v obou fázích je nutné znát potřebné množství energie, které má být za den přijato. Toto množství je závislé na mnoha faktorech, jako je pohlaví, výška, váha, podíl svalové hmoty a tukové tkáně a v neposlední řadě i na cíli.

Pokud je účelem redukce hmotnosti, je nutné dosáhnout kalorického deficitu. Příjem energie musí být nižší než celkový energetický výdej. Energetický příjem bývá snižován o 10–20 %. Dochází-li k nárůstu hmotnosti, pak příjem energie bude vyšší než její výdej. Pro zachování stávající hmotnosti je důležitá rovnováha mezi příjmem a výdejem (Clark 2004).

#### 3.7.1.1 Energetický příjem

Základem pro vypočítání celkového denního energetického příjmu je hodnota bazálního metabolismu (BMR), která je pro každého jedince individuální a odvíjí se od složení těla. Dalšími položkami, o které je nutné tuto hodnotu navýšit, jsou nároky na denní i mimoběžnou aktivitu a stres. Mimo tyto se ještě udává termodynamický efekt a energetická ztráta.

*Bazální metabolismus* představuje energii, která je potřeba k udržení základních tělesných funkcí. Metod pro zjištění BMR existuje mnoho. Nejrozšířenějším způsobem pro jeho výpočet je rovnice navržená J. A. Herrerem a F. G. Benedictem (Svačina 2008). Tato rovnice je platná pro hodnoty v rozmezí 25,0–124,9 kg tělesné hmotnosti, 151–200 cm výšky a 21–70 let věku.

$$\text{Muži} = 66,4730 + 13,7516 * \text{váha}(kg) + 5,0033 * \text{výška}(cm) - 6,7550 * \text{věk}(roky)$$

$$\text{Ženy} = 655,0955 + 9,5634 * \text{váha}(kg) + 1,8496 * \text{výška}(cm) - 4,6756 * \text{věk}(roky)$$

*Denní aktivita* zahrnuje běžné denní činnosti a fyzickou náročnost povolání. Potřeba energie v zaměstnání se vypočítá jako: bazální metabolismus × koeficient. Koeficient pro sedavé

zaměstnání (úředník) je v rozmezí 0,1–0,2, pro středně náročné zaměstnání (manuálně pracující) 0,2–0,35 a pro náročné zaměstnání (horník) v rozmezí 0,35–0,5.

*Stres* je započítáván jako celkový odhad průměrného stresu za den. Je dělen do tří kategorií. Potřeba energie, o kterou je nutné bazální metabolismus navýšit, vychází z koeficientů pro stres: bazální metabolismus  $\times$  koeficient. V bezstresový den je koeficient roven 0, běžný denní stres má koeficient 0,05–0,12 a mimořádný stres 0,15–0,3.

*Mimoběžná aktivita* zahrnuje fyzickou aktivitu vykonávanou jedincem nad rámec denní aktivity. Vypočítá se jako hmotnost (kg)  $\times$  délka trvání (min)  $\times$  koeficient pro danou aktivitu (základní přehled aktivit v příloze v Tabulce 4).

*Termodynamický efekt* představuje energii nutnou ke strávení živin. Náročnost jednotlivých makroživin se liší. Nejvíce energie na trávení potřebují bílkoviny (30 %), méně sacharidy (6 %) a nejméně tuky (4 %). Ve stravě jsou obvykle tyto živiny přijímány pospolu. Z toho důvodu se nejčastěji potřeba energie na jejich trávení započítává jako 5–10 % z celkového energetického příjmu za den. Je tedy nutné energetický příjem o tuto hodnotu navýšit.

*Energetická ztráta* vychází z předpokladu, že ne všechno přijaté jídlo je kompletně stráveno. Odhaduje se, že zhruba 5–10 % energie přijaté z potravy zůstane nevyužito (Koublová 2018).

#### 3.7.1.2 Rozpočet makroživin

Potřebu makroživin zjistíme, pokud celkovou denní energii vydělíme 100. Získáme tak jedno procento příjmu. To dále vynásobíme dle zadaného poměru. Vyjde nám energie z počítané makroživiny, kterou když vydělíme její energetickou hodnotou, dostaneme výsledné množství v gramech. Energetická hodnota makroživin je odlišná: tuky 37 kJ, sacharidy 17 kJ, bílkoviny 17 kJ (Svačina 2008).

#### 3.7.2 Ketogenní fáze

U CKD je příjem sacharidů doporučován pod 30 gramů na den, jelikož je zkrácen čas pro navození ketózy na 5–6 dní. Nastavení zbylých dvou živin je stejné jak u SKD (McDonald 1998), tedy 1,3–1,5 gramů bílkovin na kilogram tělesné váhy a zbytek energetického příjmu tvoří tuky (Paoli et al. 2015).

Fyzická aktivita v této části cyklu je velmi důležitá, jelikož rozhoduje o potřebném vyčerpání glykogenu. Existuje mnoho způsobů tréninku, jež mohou být využity.

Jelikož tuto dietu preferují zejména siloví sportovci, tréninkový split by mohl vypadat následovně: pondělí – spodní část těla a břicho; úterý – vrchní část těla; pátek – trénink celého těla. Ovšem zařazen může být i vytrvalostní trénink, vysoce intenzivní trénink a jiné formy v závislosti na individuálních preferencích (McDonald 1998).

### 3.7.3 Sacharidová fáze

Sacharidová fáze zajišťuje doplnění vyčerpaného glykogenu. Úspěšnost a výsledný efekt závisí na stupni vyčerpání glykogenu, délce trvání sacharidové fáze, množství přijatých sacharidů, typu sacharidů a načasování jejich příjmu.

Pokud člověk nemá určitý záměr, obvykle dobře funguje prostý zvýšený příjem sacharidů po dobu 24–36 hodin (bez nutnosti jejich důsledného načasování) společně s minimálním příjmem tuků a středním příjmem bílkovin (McDonald 1998).

Glykogen může být doplněn na 100 % během 24 hodin, pokud je přijímáno dostatečné množství sacharidů (Ivy 1991). Takové množství představuje zhruba 8–10 gramů sacharidů na kilogram beztukové hmoty a odpovídá asi 70 % energie. Zbylých 30 % energie se rozdělí mezi tuky a bílkoviny rovným dílem, tedy 15 %.

Pokud je carb-load fáze nastavena na dva dny, příjem sacharidů by měl v druhých 24 hodinách odpovídat 5 gramům sacharidů na kilogram tělesné hmotnosti. Tento příjem představuje asi 60 % energie. Bílkoviny doplňují celkovou denní energii zhruba 25 % a tuky 15 % (McDonald 1998).

Resyntéza glykogenu probíhá především v prvních 24 hodinách sacharidové fáze. Proto by měly přijaté sacharidy pocházet přednostně ze zdrojů s vysokým GI, jelikož studie prokazují jejich lepší vliv na resyntézu oproti sacharidům s nižším GI (Coyle 1995). V dalších hodinách by měly být voleny sacharidy s nižším glykemickým indexem, aby byla hladina inzulínu stabilnější (Costill et al. 1971).

### 3.7.4 Jídelníček

Pro zachování pestrosti jídelníčku a dostatku mikronutrientů by měly být pokrmy během týdne co nejvariabilnější. Vhodné potraviny jsou takové, které vyhovují svým zastoupením makroživin, člověku chutnají a nezpůsobují mu žádné trávicí problémy. V ketogenní fázi je výběr potravin omezen na potraviny tučné a bohaté na bílkoviny. Výběr je podrobně popsán v kapitolách 3.7.4.1 až 3.7.4.8.

Jídelníček pro sacharidovou fázi se rozšiřuje o ovoce bohaté na jednoduché cukry, přílohy (rýže, pečené brambory), pečivo a jiné. Naopak tučné potraviny jsou konzumovány minimálně. Maso a jiné bílkovinné produkty jsou zařazeny podobně jako u SKD.

#### 3.7.4.1 Maso

Maso obsahuje potřebné živočišné bílkoviny s kompletním aminokyselinovým spektrem, převážně nasycený tuk, minimum sacharidů a žádnou vlákninu. Dále je důležitým zdrojem vitamínu B12 a dobře vstřebatelného železa. Červené maso obsahuje více myoglobinu, a proto je lepším zdrojem železa než maso bílé. Zastoupení tuku, mikronutrientů a dalších látek se různí v závislosti na druhu a dalších faktorech (Tomášková 2018).

Rybí maso by mělo být zařazeno do jídelníčku minimálně dvakrát týdně, jelikož tělu dodává velmi prospěšné látky, jako jsou n-3 mastné kyseliny, jód či například selen a vitamin D. Obsah esenciálních mastných kyselin je u ryb podmíněn tučností, která se liší napříč druhy (Kunová 2017).

#### 3.7.4.2 Mléčné výrobky

Mléčné výrobky obsahují převážně nasycené mastné kyseliny a názory ohledně vysokotučných mléčných výrobků jsou proto rozporuplné. Nicméně žádné studie neprokázaly jejich škodlivost. Naopak prokázaly, že lidé konzumující vyšší příjem mléčných výrobků s přirozeným obsahem tuku váží méně (Kunešová 2017). Doporučované nízkotučné mléčné výrobky jsou kvůli obsahu přidaného cukru mnohdy horší variantou. Nehledě na to, že u sýrů nízké procento tuku v sušině způsobuje zhoršené sensorické vlastnosti.

V ketogenní dietě by měly být mléčné výrobky plnotučné nebo minimálně polotučné. Významně doplňují potřebu lipofilních vitaminů, vápníku, hořčíku, zinku, selenu a dalších. Mikronutrienty z mléčných výrobků jsou mimořádně dobře vstřebatelné (Kopáček 2014).

Kromě vysokotučných a polotučných sýrů se do jídelníčku zařazuje i smetana a máslo. Tvaroh, jogurty a jiné tekuté mléčné výrobky by měly být konzumovány jen ojedinele, jelikož obsahují více sacharidů, a mohlo by tak docházet k překročení denního množství sacharidů.

#### 3.7.4.3 Vejce

Vaječná bílkovina má vynikající stravitelnost. Vejce obsahuje množství mikronutrientů (K, Fe, Se, aj.), karotenoidy a další látky. Kontroverzním byl vždy obsah cholesterolu, který je u něj poměrně vysoký – až 400 mg na 100 g potraviny. Cholesterol z vaječného žloutku by ale neměl zvyšovat hladinu cholesterolu v krvi, a to právě díky vysokému obsahu lecitinu, který

zabraňuje jeho kompletnímu vstřebání (Tomášková 2018). Zpestřením jídelníčku, kupříkladu jako doplnění bílého masa, může být pravá majonéza připravená z vajec a oleje (Eenfeldt 2019).

#### 3.7.4.4 Sója

Sója je výborným zdrojem rostlinné bílkoviny, které obsahuje zhruba 40 %. Výrobky z ní, jako je například tofu a tempeh, mají příznivé složení tuků. Obsah sacharidů v takových potravinách je poměrně nízký a mohou být v přiměřeném množství zařazeny do jídelníčku (Dostálová 2018).

#### 3.7.4.5 Ořechy a semínka

Na trhu je mnoho rozlišných druhů ořechů a výrobků z nich. Jsou dobrým zdrojem n-3 mastných kyselin, které představují přibližně 10 % váhy plodu, vitaminů skupiny B, E, hořčíku, draslíku a mědi. Nejtučnější jsou makadamové, pekanové, piniové a para ořechy (Frej 2016).

Tělu nejvíce prospěje kombinace více druhů ořechů a semínek. Ořechy ve formě máseľ či pomazánek nejsou vždy 100% a obsahují například přidaný palmový olej či sacharidy. Takovéto výrobky jsou nevhodné.

#### 3.7.4.6 Ovoce

Ovoce se ve standardní formě této diety nekonzumuje, výjimku tvoří avokádo a bobuloviny. Avokádo je ze 77 % tvořeno tukem a obsahuje například olejovou kyselinu, polyenové kyseliny a rovněž nasycené kyseliny (Frej 2016).

Mezi nejvhodnější bobuloviny patří zejména borůvky, červený rybíz, černý rybíz, ostružiny a angrešt. Mají nízkou energetickou hodnotu a vynikají vysokým obsahem vitaminů a antioxidantů (Skrovankova et al. 2015).

#### 3.7.4.7 Zelenina

Zelenina je důležitým zdrojem vlákniny a mikronutrientů (Lee et al. 2017). Povoluje se konzumace tzv. zelené zeleniny (okurka, salát, cuketa, kapusta, zelená paprika, brokolice, špenát, chřest). Zelenina vypěstovaná nad zemí obvykle obsahuje méně sacharidů než zelenina vypěstovaná pod zemí (Eenfeldt & Scher 2019).

#### 3.7.4.8 Lahůdky a suplementy

Mezi povolené lahůdky patří vysokoprocenní, kvalitní hořká čokoláda s minimálně 76 % kakaové sušiny (Eenfeldt 2019).

Z důvodu omezení příjmu ovoce a barevné zeleniny je vhodné suplementovat základní minerály a vitaminy v podobě kvalitních tablet bez cukru. Jiné suplementy nejsou potřeba. Důležité a tělu prospěšné n-3 mastné kyseliny jsou dostatečně zastoupeny již v konzumovaných potravinách, proto by jejich doplňování bylo nadbytečné (McDonald 1998).

## **4 Praktická část**

### **4.1 Metodika**

V praktické části bakalářské práce byla zpracována a použita případová studie, které se zúčastnili dva dobrovolníci. Podstoupili dva typy diet: dietu s normálním zastoupením sacharidů (55 % sacharidů, 30 % tuku, 15 % bílkovin) a cyklickou ketogenní dietu (5 % sacharidů, 20 % bílkovin, 75 % tuku). Energetický příjem byl vypočítán pro každého dobrovolníka individuálně a měnil se v závislosti na sportovní aktivitě. Intervence každé diety trvala pět týdnů a období mezi těmito dvěma režimy bylo rovněž pět týdnů. Před dietním opatřením i po něm byli dobrovolníci měřeni pomocí bioimpedančního zařízení InBody 270. Tak mohly být zaznamenány změny ve složení těla zapříčiněné dietou. Ty byly znázorněny v grafech v kapitolách 5.1.1, 5.2.1, 6.1.1 a 6.2.1. Následně byly porovnány jednotlivé typy diet mezi sebou a vyhodnocena jejich účinnost v redukci viscerálního tuku.

#### **4.1.1 Výběr dobrovolníků**

U výběru dobrovolníků bylo stanoveno pouze jediné kritérium, a to zvýšené hodnoty procenta tělesného tuku (PBF) nad 30 %. Dobrovolníci byli oslovoováni ve fitness centru, kam chodili více či méně pravidelně cvičit. Tento fakt byl důležitý i z toho důvodu, že skýtal možnost nastavit jednotný pohybový plán. Dobrovolníci byli upozorněni na časovou náročnost výzkumu. Se souhlasem s účastí ve studii zároveň souhlasili i s poskytnutím a uveřejněním nezbytných údajů a všech výsledků měření.

#### **4.1.2 Diety**

Sled diet, kdy dobrovolníci podstoupili nejprve dietu s normálním zastoupením sacharidů a až poté cyklickou ketogenní dietu, byl vybrán z důvodu rozdílné náročnosti stravovacích plánů.

První testovaná dieta s normálním zastoupením sacharidů se neliší od běžné stravy populace a dobrovolníci zde proto měli prostor osvojit si jistý řád a disciplínu v odměřování a dávkování jídla, aniž by pocítovali zásadnější omezení ve výběru potravin, které by je mohlo stresovat a demotivovat. Naopak cyklická ketogenní dieta představovala omezení ve výběru potravin a vyžadovala značnou disciplinovanost dobrovolníků.

Byly vypracovány stravovací plány pro každý typ diety, přičemž byly sestaveny individuálně podle preferencí každého dobrovolníka na serveru kaloricketabulky.cz a poskytnuty dobrovolníkům v elektronické podobě.

Dobrovolníci byli poučeni o zásadách ukončení cyklické ketogenní diety. Dostali doporučení, aby po skončení diety navyšovali v jídelníčku sacharidy postupně, než se dostanou na hodnotu, která jim bude příjemná. Tento postup byl také důležitý pro zamezení jojo efektu, který by hrozil při nárazovém zvýšení sacharidů a nedostatečného snížení tuků. Dobrovolníci by se tak dostali do kalorického nadbytku, který by zapříčinil opětovný nárůst tukové tkáně.

#### 4.1.3 Měření složení těla

Dobrovolníci byli měřeni ve spodním prádle na přístroji InBody 270 s programovým vybavením LookinBody, které umožňuje zobrazit podrobné výsledky v počítači a dohledávat je zpětně. Měření probíhalo ráno nalačno, aby byla minimalizována odchylka způsobená potravou v trávicím traktu. Rovněž před měřením nic nepili a zdrželi se fyzické aktivity.

Přístroj InBody 270 používá patentovanou technologii DSM BIA (metoda přímé analýzy segmentové multifrekvenční bioelektrické impedance) a DSMF BIA (metoda simultánní multifrekvenční bioelektrické impedance). Přístroj umožňuje získat přesná data a nepracuje s empirickým odhadem. Měření probíhá velmi rychle a celý proces po spuštění trvá zhruba dvě minuty.

Měřená osoba si nejprve stoupne na systém čtyř elektrod a stojí v klidu, než je zjištěna hmotnost. Po zvážení uchopí madla a dlaněmi stiskne další čtyři elektrody. Přístroj InBody 270 používá i hlasovou navigaci a sám informuje o tom, v jaké fázi je měření a jak se má dotyčná osoba zachovat. Skrz osmibodový čtyřpolární systém elektrod proběhne 10 měření impedance s využitím dvou různých frekvencí (20 kHz a 100 kHz) na každém z pěti segmentů těla – pravá paže, levá paže, pravá noha, levá noha a trup.

InBody 270 je schopno měřit celkovou tělesnou hmotnost, hmotnost tukové tkáně, hmotnost tukuprosté hmoty, hmotnost kosterní svaloviny, hmotnost vody v těle (intra- i extracelulární), plochu viscerální tukové tkáně, hmotnost minerálních látek a jiné. Dále vypočítává bazální metabolickou míru, doporučený příjem, uvádí korekci hmotnosti i to, kolik daný člověk spálí energie při jednotlivých sportech.

Pro tuto studii byla pozornost kladena pouze na hodnoty zobrazující celkovou tělesnou hmotnost (kg), hmotnost tukové tkáně (kg), množství viscerálního tuku (cm<sup>2</sup>) a míru bazálního metabolismu (kJ).



Dobrovolníci byli měřeni vždy týden před začátkem konkrétní diety a hned následující den po skončení. Celkem tedy měření proběhlo čtyřikrát. Dobrovolníci se také na začátku každého týdne během diety doma nalačno vážili a zapisovali si tyto údaje, aby mohla být vytvořena křivka poklesu tělesné hmotnosti pro každou dietu.

#### **4.1.4 Energetický příjem**

Energetický příjem jsme vypočítali z velikosti bazálního metabolismu. Jeho hodnotu jsme použili z přístroje InBody 270, který ho na základě naměřených údajů vypočítal. Bazální metabolismus jsme navyšovali o energii potřebnou na běžnou denní aktivitu, stres, termodynamický efekt a ztráty.

Ve dnech fyzické aktivity jsme dle Tabulky 4 v příloze vypočítali ještě energii potřebnou na sport, o kterou bylo nutné příjem navýšit. Pro dny s fyzickou i bez fyzické aktivity byl vypočítaný příjem následně snížen o 20 %, aby docházelo k redukci hmotnosti.

#### **4.1.5 Jídelníček**

Jídelníček byl sestaven každému dobrovolníkovi na míru dle potřeby energie na den a měnil se dle typu diety. Pro vytvoření stravovacího plánu jsme využili server kaloricketabulky.cz, který disponuje širokou databází potravin a v případě potřeby tam lze dopsat i vlastní položku. Stravovací plán byl řešen individuálně s každým dobrovolníkem, kvůli zajištění vhodného výběru potravin, vyloučení stresových faktorů a ujistění, že předepsané potraviny budou zkonsumovány bez problémů. Následně byl stravovací plán pro nadcházející týden v předstihu zaslán na e-mail.

#### **4.1.6 Pohybový plán**

Fitness centrum, kam oba dobrovolníci docházeli, disponuje speciálním kruhovým tréninkem. Ten se skládá z posilovacích a aerobních stanovišť, kde jsou předem dané cviky na procvičení celého těla. Pohybový plán byl proto uzpůsoben těmto podmínkám a dobrovolníci třikrát týdně (pondělí, úterý, pátek) docházeli na hodinové cvičení.

#### **4.1.7 Analýza dat**

Získaná data byla do textové podoby zpracována pomocí programu Microsoft Word. Grafy a tabulky byly zpracovány v programu Microsoft Excel. Dobrovolníci si během dietních intervencí zaznamenávali své pocity do obdržených dotazníků (vzor dotazníku v příloze). Na základě těchto údajů byla vyhodnocena vhodnost diety.

## 5 Kazuistika č. 1

*Osobní anamnéza* – první kazuistika je triapadesátiletá žena. Měří 158 cm a váží 66,3 kg. Její index tělesné hmotnosti (BMI) odpovídá hodnotě 26,6 kg/m<sup>2</sup> a PBF značí 41,5 % tuku v těle a tedy obezitu. Žena má sedavé zaměstnání a pracuje z domova. Je nekuřačka a v zásadě se vyhýbá alkoholu.

Dlouhodobě není spokojena se svým vzhledem a je si vědoma svých špatných stravovacích návyků, které jsou často zhoršeny úzkostnými stavy, kterými trpí. Popsala dvě možnosti průběhu těchto stavů. První variantou jsou chutě na sladké a druhou, zcela opačnou variantou je nechutenství.

Tyto stavy se u ní také odrážejí na pohybové aktivitě. Žena se snaží 2–4× týdně navštěvovat kruhové tréninky, ale přiznává, že se jí to ne vždy podaří. Necítí se dobře po fyzické ani psychické stránce právě z důvodu tělesných proporcí. V delším časovém horizontu by si přála snížit váhu zhruba o 10 kilogramů a cítit se znovu fit.

*Rodinná anamnéza* – v rodině ze strany matky jsou sklony k obezitě a k cukrovce 2. typu, avšak respondentka zatím žádné zdravotní komplikace nepozoruje. Žije ve společné domácnosti s manželem.

*Pohybová anamnéza* – žena sport bere jako zábavu a nutnost pro udržení kondice. Do fitness centra dochází převážně 2–4× týdně. O dovolených preferuje vysokohorskou turistiku, proto se snaží udržet v kondici po celý rok.

*Nutriční anamnéza* – přestože má čas na jídlo během své pracovní doby, nedodrží žádnou pravidelnost. Den začíná v 7.00 snídaní, ke které si dává nejčastěji bílý jogurt a sklenici pomerančového džusu. Dopolední svačinu vynechává. Další jídlo představuje oběd, v závislosti na situaci mezi 11.30 a 13.30. K obědu si většinou připravuje variaci těstovin s omáčkou/masem/pestem/tuňákem. Po obědě pije kávu s mlékem a často přidává ještě nějakou sladkost v podobě malé sušenky, domácího koláče/buchty či sladkého pudinku. Odpolední svačina není. Večeři konzumuje do 18.00, maximálně 18.30, jelikož chodí spát okolo 21.00 a plný žaludek jí ztěžuje usínání. Večeře bývá většinou studená v podobě obloženého rýžového chlebičku nebo například zbytku od oběda.

V minulosti držela diety, které si sama navrhla. Principem takových diet bylo celkové snížení energetického příjmu. Žena uvádí, že zhubla, ovšem výsledek takové kalorické restrikce nebyl dlouhodobě udržitelný a nastal jojo efekt. Po dobu plnění stravovacího plánu se také cítila unavená, nešťastná, vystresovaná a hlavně hladová.

*Záznam jídelníčku* – podrobný záznam jejího třídenního jídelníčku odhalil nutriční nevyváženost a zejména podhodnocení energetického příjmu. Žena přijímala v průměru o 1000 kJ méně, než potřebuje pouze její bazální metabolismus.

## 5.1 Dieta s normálním zastoupením sacharidů

Jako první žena absolvovala dietu s normálním zastoupením sacharidů. Tato dieta měla nastavený poměr živin: 55 % energie ze sacharidů, 30 % energie z tuků a 15 % energie z bílkovin, resp. 0,8–1 gram bílkovin na kilogram tělesné hmotnosti.

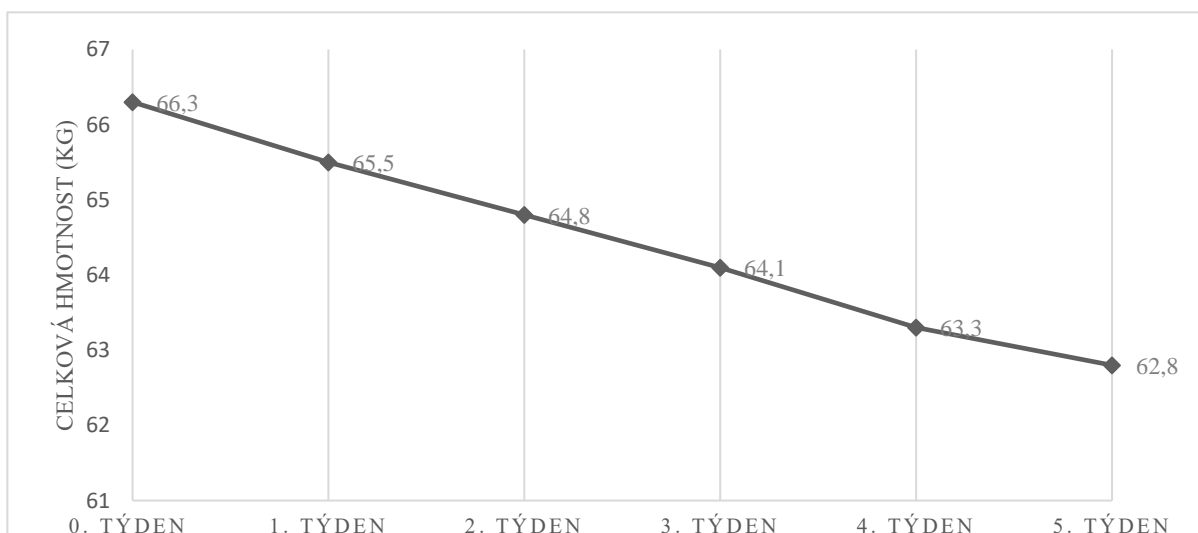
Pro výpočet potřebné denní energie jsme vycházeli z aktuálního bazálního metabolismu, který činil 5051 kJ a byl určen přístrojem InBody 270. Následné výpočty byly provedeny dle kapitoly 3.7.1.1.

Výchozí hodnota celkové denní energie pro nastavení makroživin byla 5368 kJ. Makroživiny byly rozpočítány dle kapitoly 3.7.1.2 a výsledné hodnoty představovaly příjem 167 g sacharidů, 44 g tuků a 53 g bílkovin.

Pro den s fyzickou aktivitou jsme stanovili denní příjem 7102 kJ. Makroživiny byly rozpočítány takto: 239 g sacharidů, 58 g tuků, 53 g bílkovin. Odchylna v kJ vzniklá zaokrouhlením makroživin je zanedbatelná. Denní jídelníček sestavený pro den s fyzickou aktivitou je uveden v příloze (Tabulka 1).

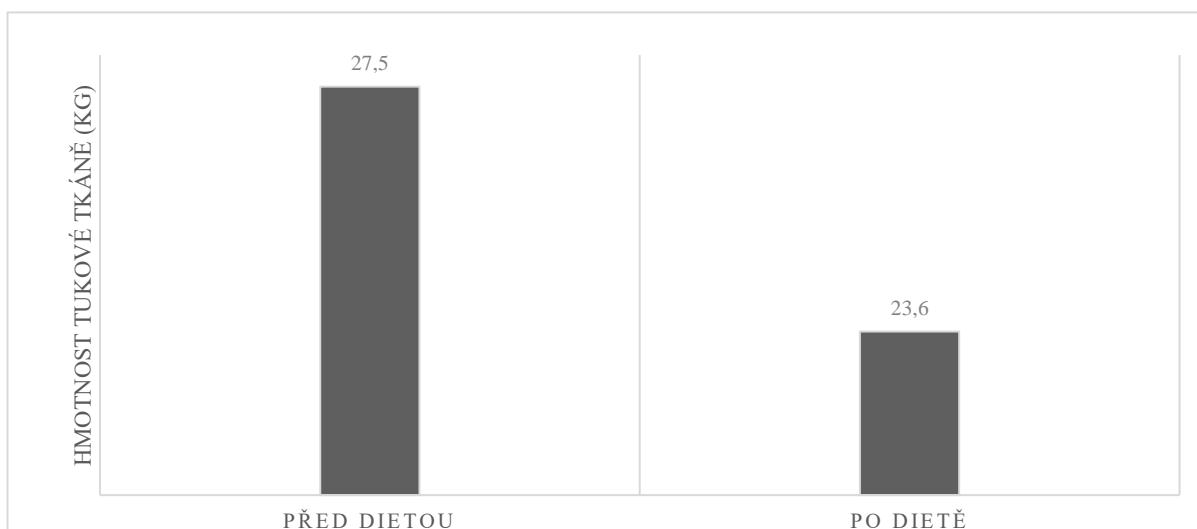
### 5.1.1 Výsledky diety

Dle Obrázku 1 je viditelný přirozený pokles tělesné hmotnosti z 66,3 kilogramů na konečných 62,8 kilogramů s průměrným úbytkem 0,7 kilogramu za týden. Dohromady jsme tedy zaznamenali pokles o 3,5 kg. Hodnota BMI se dostala z 26,6 kg/m<sup>2</sup> na 25,2 kg/m<sup>2</sup>.



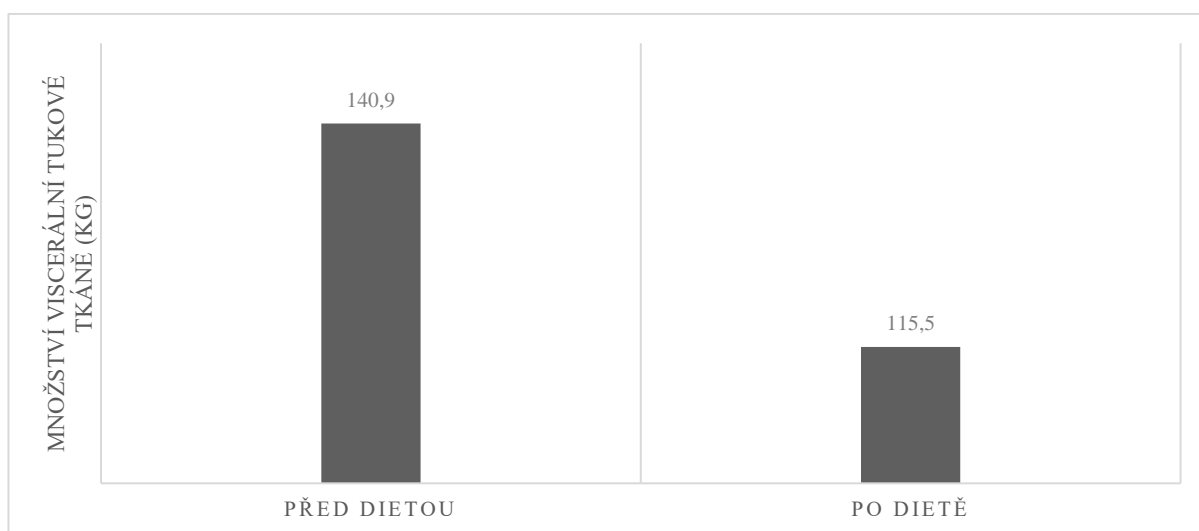
Obrázek 1 Pokles tělesné hmotnosti během standardní diety

Množství tělesného tuku před dietou (Obrázek 2) bylo 27,5 kg a značilo 41,5 % tuku v těle. Po pěti týdnech diety tělesný tuk klesl na hodnotu 23,6 kg, a tedy na 37,6 % tuku v těle. Celkový úbytek tělesného tuku se rovnal 3,9 kg.



Obrázek 2 Pokles tělesného tuku po standardní dietě

Redukcí tukové tkáně došlo i ke snížení viscerálního tuku. Pokles z hodnoty 140,9 cm<sup>2</sup> na 115,5 cm<sup>2</sup> zaznamenaný na Obrázku 3 představuje dobrý výsledek, jelikož se respondentka posunula na škále z kategorie nadhraniční do kategorie hraničního množství viscerálního tuku. Celkový úbytek představoval 25,4 cm<sup>2</sup>. Snížením množství viscerálního tuku zároveň značně pokleslo riziko kardiovaskulárních chorob.



Obrázek 3 Pokles viscerálního tuku po standardní dietě

Průběh diety žena hodnotila jako velmi pozitivní a motivující. Celkově se na dietě cítila dostatečně sytá, šťastná, plná energie a bez známek stresu z dodržování stravovacího plánu, který pro ni nepředstavoval žádný problém. Jako velmi pozitivní hodnotila pocit hladu, který

pocívala do 2–4 hodin po jídle, neboť před dietou se pocit hladu objevoval zcela nepravidelně. Dalším velkým úspěchem pro ni bylo vymizení chutí na sladké.

*Mezidobí* – v mezidobí pěti týdnů se respondentce podařilo ještě snížit váhu, přestože nedodržovala žádný jídelníček ani si „nehlíkala“ kalorický příjem. Pouze jedla pravidelně v přiměřených porcích, na které si navykla v prvním typu diety. Tímto postupem se jí samotné podařilo z 62,8 kg klesnout na 60,4 kg a zaznamenala tím úbytek 2,4 kg. Hodnota PBF se posunula na 34,1 %. Viscerální tuk klesl na hodnotu 94,4 cm<sup>2</sup>.

## 5.2 Cyklická ketogenní dieta

Cyklická ketogenní dieta byla nastavena tak, aby carb-load fáze trvala jeden den. Šest dní se proto žena stravovala ketogenně a sedmý den sacharidově. Jelikož se jednalo o ženu bez sportovních cílů, bylo zanedbáno komplikované rozfázované přijímání sacharidů pro maximální výsledky. Poslední fyzická aktivita proběhla v pátek a po ní následoval ještě jeden ketogenní den a poté carb-load fáze.

Pro cyklickou ketogenní dietu byla na InBody 270 změřena výchozí hodnota bazálního metabolismu 5219 kJ. Stejným postupem jako v předchozí dietě jsme došli k celkové denní energii, která byla stanovena na 5546 kJ.

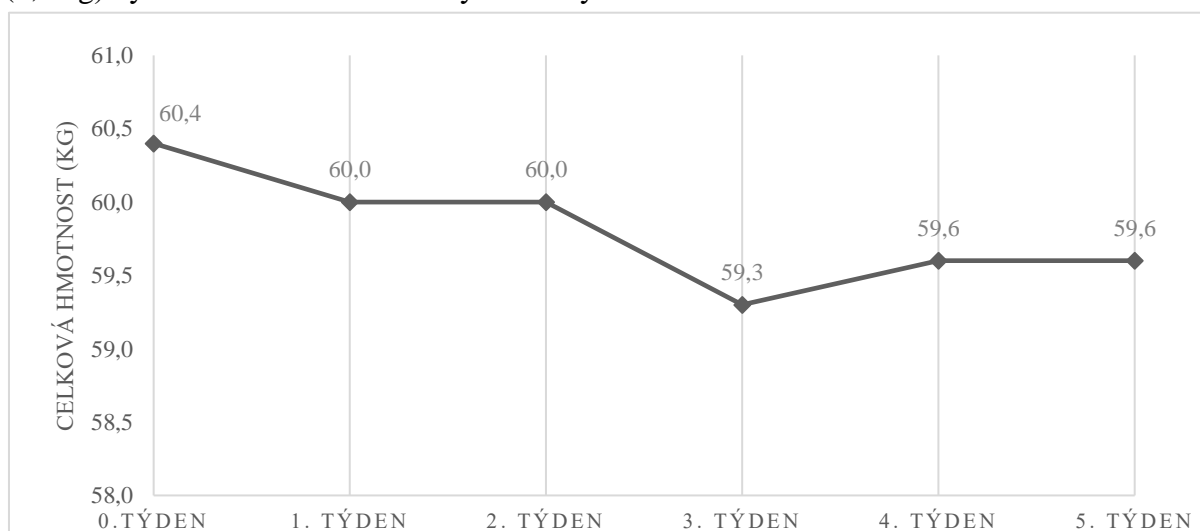
Pro ketogenní fázi bez fyzické aktivity byly živiny rozpočítány na: 30 g sacharidů, 100 g tuků a 79 g bílkovin. Pro dny s fyzickou aktivitou byla denní energie spočítána na 7126 kJ a makroživiny rozpočítány následovně: 30 g sacharidů, 142 g tuků a 79 g bílkovin. Odchytky v energetické hodnotě způsobené zaokrouhlením makroživin zanedbáváme.

Pro carb-load fázi byl celkový energetický příjem na den roven 5546 kJ. Živiny byly rozděleny na: 229 g sacharidů, 22 g tuků a 49 g bílkovin.

Denní jídelníček pro ketogenní fázi (Tabulka 2) a carb-load fázi (Tabulka 3) jsou uvedeny v příloze.

### 5.2.1 Výsledky diety

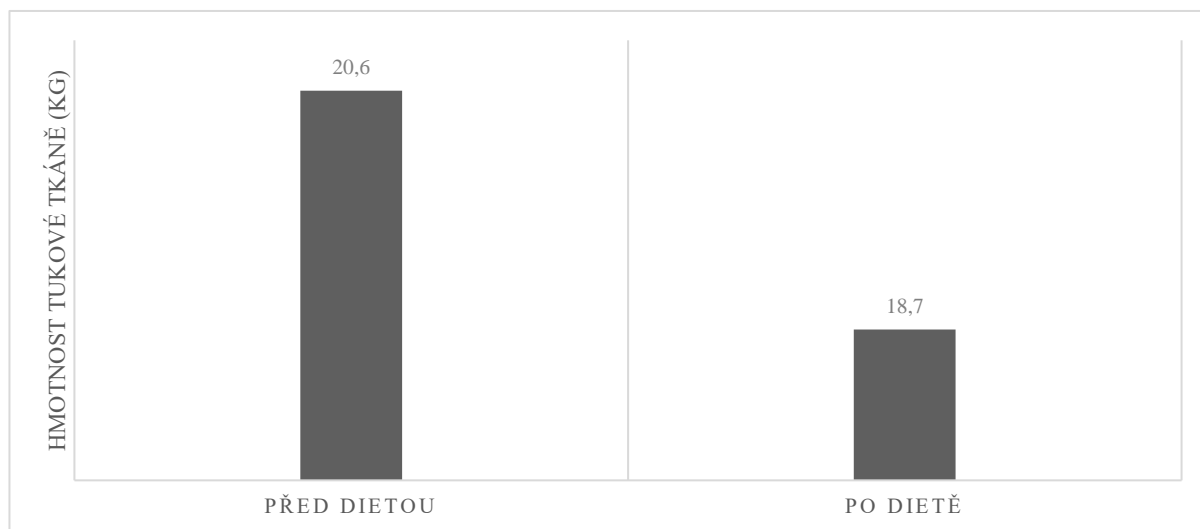
Na Obrázku 4 je zaznamenán úbytek na váze v průběhu CKD, který činil pouze 0,8 kg. Dietu zpomalily dvě stagnace hmotnosti po druhém a pátém týdnu dietní intervence. Mezi třetím a čtvrtým týdnem byl zaznamenán nárůst o 0,3 kg na váze. Největší úbytek na váze (0,7 kg) byl zaznamenán ve třetím týdnu diety.



Obrázek 4 Pokles tělesné hmotnosti během CKD

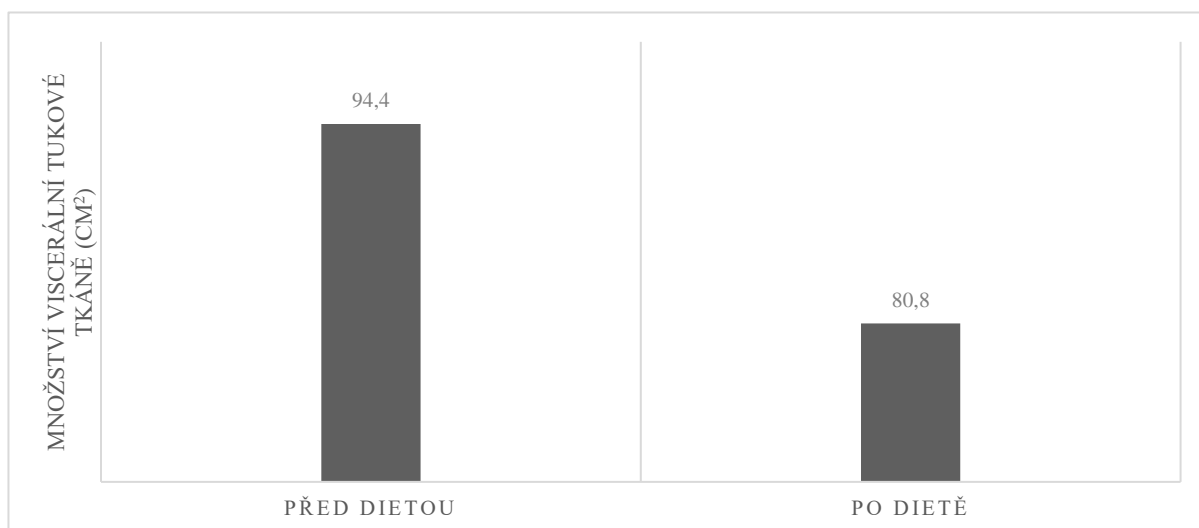
Obrázek 5 znázorňuje pokles tukové tkáně z 20,6 kg na 18,7 kg. Celkový úbytek se rovnal 1,9 kg tukové tkáně. Tato hodnota převýšila o 1,1 kg výsledný úbytek na váze, který žena zaznamenala po pěti týdnech diety.

Procento tělesného tuku pokleslo z 34,1 % na 31,4 %. Pro ženu úbytek tukové tkáně znamenal další posun na škále PBF a přiblížení se přijatelnému podílu tuku (30 %).



Obrázek 5 Pokles tělesného tuku po CKD

Z Obrázku 6 je patrné, že i při tomto typu diety došlo k úbytku viscerálního tuku. Z hodnoty 94,4 cm<sup>2</sup>, která je v kategorii hraniční, klesl na hodnotu 80,8 cm<sup>2</sup>. Takovéto množství viscerálního tuku by ženu již nemělo akutně ohrožovat na zdraví. Žena se posunula k hranici normálního množství viscerálního tuku (70 cm<sup>2</sup>).



Obrázek 6 Pokles viscerálního tuku po CKD

Průběh diety hodnotila žena negativně. Ve srovnání s předchozí dietou pro ni byl úbytek váhy 0,8 kg zklamáním. Na druhou stranu po předložení podrobnějších výsledků z měření InBody 270 byla žena mile překvapena.

Dodržování stravovacího plánu jí připadalo nesnadné a stresující. Tyto pocity pramenily pravděpodobně z vynechání položek, které předtím pravidelně konzumovala, jako je ovoce a další sacharidové potraviny.

### 5.3 Výpočet účinnosti obou typů diet na redukci viscerální tukové tkáně

Pro vyhodnocení efektu jednotlivých diet na redukci viscerální tukové tkáně byly vypočítány dílčí výsledky, které jsme následně porovnali.

I. O kolik se sníží viscerální tuk ( $\text{cm}^2$ ), pokud klesne množství tukové tkáně o 1 kg?

Úbytek tukové tkáně (kg) ..... úbytek viscerální tukové tkáně ( $\text{cm}^2$ )  
 úbytek 1 kg tukové tkáně .....  $x \text{ cm}^2$

a) Po dosazení hodnot pro dietu se standardním zastoupením sacharidů:

$$\begin{aligned} 3,9 \text{ kg tukové tkáně} & \dots\dots\dots 25,4 \text{ cm}^2 \\ 1,0 \text{ kg tukové tkáně} & \dots\dots\dots x \text{ cm}^2 \\ x & = 6,51 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Při redukci tukové tkáně o 1 kg došlo ke snížení viscerálního tuku o  $6,51 \text{ cm}^2$ .

b) Po dosazení hodnot pro cyklickou ketogenní dietu:

$$\begin{aligned} 1,9 \text{ kg tukové tkáně} & \dots\dots\dots 13,6 \text{ cm}^2 \\ 1,0 \text{ kg tukové tkáně} & \dots\dots\dots y \text{ cm}^2 \\ y & = 7,15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Při redukci tukové tkáně o 1 kg došlo ke snížení viscerálního tuku o  $7,15 \text{ cm}^2$ .

II. Porovnání výsledků

Z dílčích vypočtů dostáváme dvě hodnoty  $x = 6,51 \text{ cm}^2$  pro dietu s normálním zastoupením sacharidů a  $y = 7,15 \text{ cm}^2$  pro cyklickou ketogenní dietu. Po odečtu  $x$  od  $y$  dostáváme rozdíl  $0,64 \text{ cm}^2$ . Z toho vyplývá, že při CKD došlo o  $0,64 \text{ cm}^2$  vyšší redukci viscerálního tuku na 1 kg tuku celkového. Cyklická ketogenní dieta se tak jeví jako nepatrně účinnější.



## 6 Kazuistika č. 2

*Osobní anamnéza* – druhá kazuistika je osmačtyřicetiletá žena. Měří 160 centimetrů a váží 59,2 kilogramů. Její index tělesné hmotnosti (BMI) odpovídá hodnotě 23,1 kg/m<sup>2</sup> a PBF značí 31,8 % tuku v těle. Žena má sedavé zaměstnání s pevnou pracovní dobou a do práce dojíždí autem. Je nekuřačka a alkohol pije v průměru třikrát do týdne v objemu asi 1–2 skleniček vína.

Se svým vzhledem sice nyní je spokojena, ale vadí jí postupné přibývání tuku zejména v oblasti břicha a má strach z nadměrného hromadění viscerálního tuku. Obecně se cítí být bez stresu a je většinou dobře naladěna. Úpravou stravy by se chtěla dostat na svou standardní a dlouholetou váhu 52 kilogramů, na níž se cítí dobře.

*Rodinná anamnéza* – v rodině má ze strany matky sklony k obezitě a cukrovce 2. typu. Sama se cítí zdravá a je bez zdravotních komplikací.

*Pohybová anamnéza* – žena miluje sport a procházky přírodou. Hýbe se pravidelně třikrát týdně ve fitness centru. O víkendu zařazuje procházku se psem.

*Nutriční anamnéza* – žena má ve své pevné pracovní době pravidelné pauzy na jídlo, které si nosí s sebou z domova. Snaží se stravovat pravidelně, ale občas vynechává jedno nebo dvě z hlavních jídel. Dalším problémem v jejím stravování je tzv. „vlčí hlad“, který ji přepadává hlavně v době příchodu z práce.

Den začíná v 5.30 snídaní, většinou si dává bílý jogurt s pokrájeným ovocem, oříchky a sklenici džusu. Svačinu v práci vynechává, případně si vezme kousek čokolády. Oběd si nosí z domova zhruba dvakrát týdně. V tomto případě jí okolo 12.30 a volí nejčastěji salát doplněný o tuňáka/cottage/maso. V případě, že obědvá až doma (v rozmezí 12.00–15.00), nastává problém a většinou si vezme zbylé jídlo z předchozího dne, nějakou laskominu nebo pouze bílé pečivo s plátkem šunky. K jídlu si v klidu neseďne a konzumuje ho při domácích pracích. Přestává se tak orientovat, kolik toho snědla. Přes odpoledne pije kávu a k ní volí nějakou menší sladkost nebo například hrst ořechů. Čas večere závisí na tom, kdy se partner vrátí z práce. Večeří tak mezi 18.00 a 20.00 teplé jídlo; často rybu s brambory či těstoviny s omáčkou.

V minulosti držela diety, které měla načtené z dámských časopisů. Zmiňuje hlavně tzv. kefirovou či vápníkovou dietu, která je založena na konzumaci zejména mléčných nízkotučných produktů. Váhu si tak snížila a po vrácení do standardního režimu ji s menším váhovým přírůstkem udržela. Připouští ale, že v tu dobu se začala aktivně věnovat běhání a nejrůznější fyzické aktivitě.

*Záznam jídelníčku* – třídní záznam jídelníčku, který žena sepsala pro vyhodnocení svého stravování, ukázal, že zhruba ze 2/3 se strava a volené potraviny zdají být velmi uspokojivé a korespondují se zdravým životním stylem. Chybou v tomto stravování je nevyvážený energetický příjem za den, který způsobuje vlčí hlad, chutě na sladké a časté „uždibování“. Celkový energetický příjem se jeví jako uspokojivý, sama ovšem přiznává, že bývají i horší dny, kdy je v jídelníčku více sladkých věcí či pečiva a je zařazen i alkohol. Proto příjem v těchto dnech může převyšovat výdej.

## **6.1 Dieta s normálním zastoupením sacharidů**

Dieta s normálním zastoupením sacharidů představovala zastoupení makroživin v poměru: 55 % energie ze sacharidů, 30 % energie z tuků a 15 % energie z bílkovin.

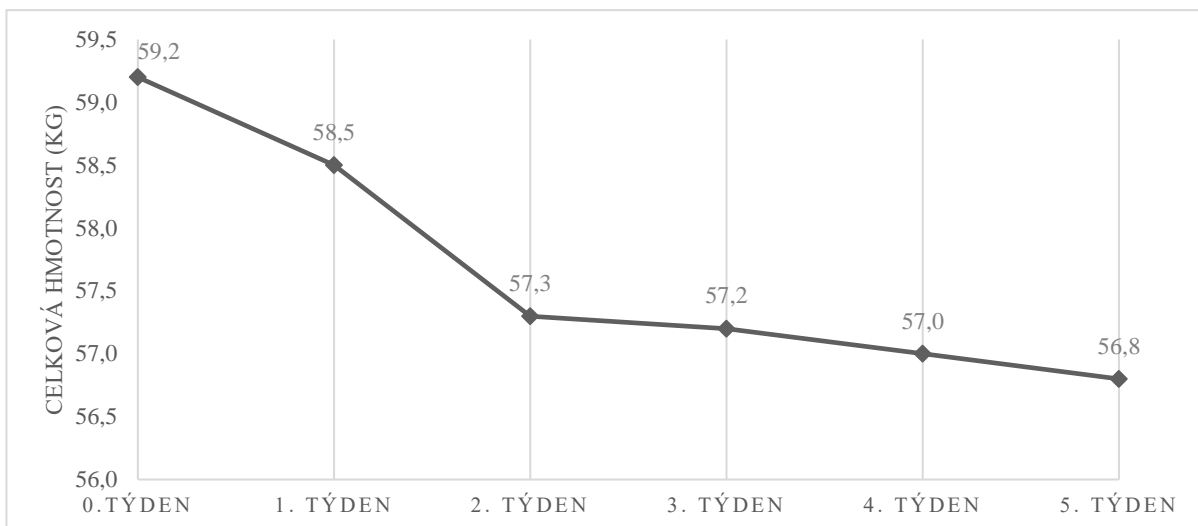
Bazální metabolismus naměřený na přístroji InBody 270 dosahoval hodnoty 5219 kJ. Dle kapitoly 3.7.1.1 byla vypočítána celková denní potřeba energie s kalorickým deficitem 20 %. Ve dnech bez fyzické aktivity byl příjem nastaven na 5546 kJ.

Makroživiny byly rozpočítány dle kapitoly 3.7.1.2 a jejich množství odpovídalo 181 g sacharidů, 45 g tuků a 47 g bílkovin.

Pro dny s fyzickou aktivitou byl příjem navýšen na 7095 kJ. Makroživiny byly přepočítány na 244 g sacharidů, 58 g tuků a 47 g bílkovin. Odchylna byla rovněž zanedbána.

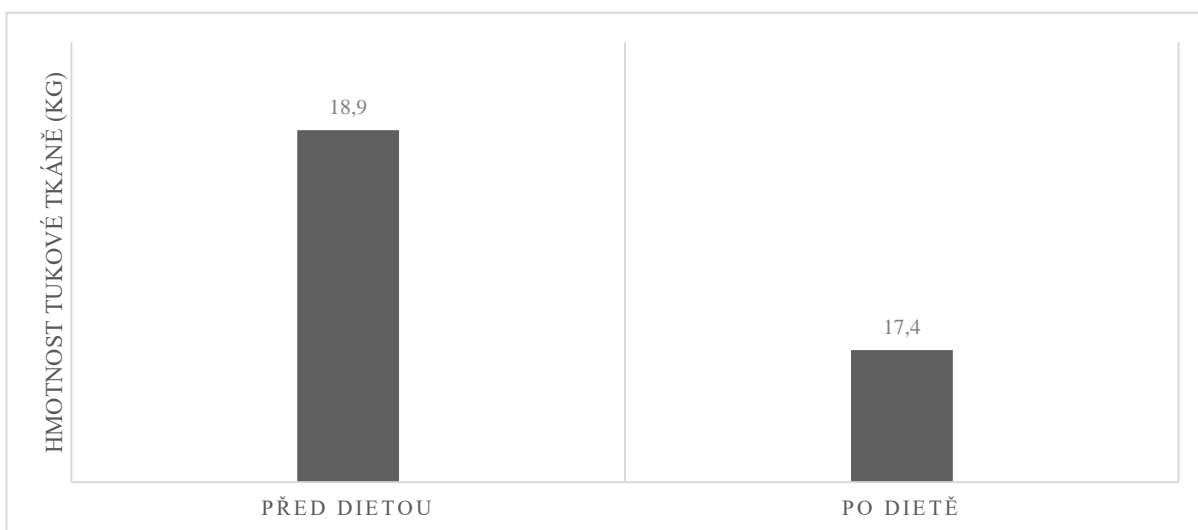
### **6.1.1 Výsledky diety**

Pokles tělesné hmotnosti během první diety (Obrázek 7) zachycuje rychlý váhový úbytek v prvních dvou týdnech diety. Obzvláště ztráta 1,2 kg během druhého týdne je až příliš velká a mohla by znamenat nedostatečný energetický příjem. Po tomto propadu nastala lehká týdenní stagnace (3. týden), následovaná mírným úbytkem na váze. Váhové úbytky v posledních dvou týdnech činily shodně 0,2 kg. Celkový úbytek byl roven 2,4 kg. Žena zhubla z 59,2 kg na 56,8 kg. BMI pokleslo z hodnoty 23,1 kg/m<sup>2</sup> na 22,2 kg/m<sup>2</sup>.



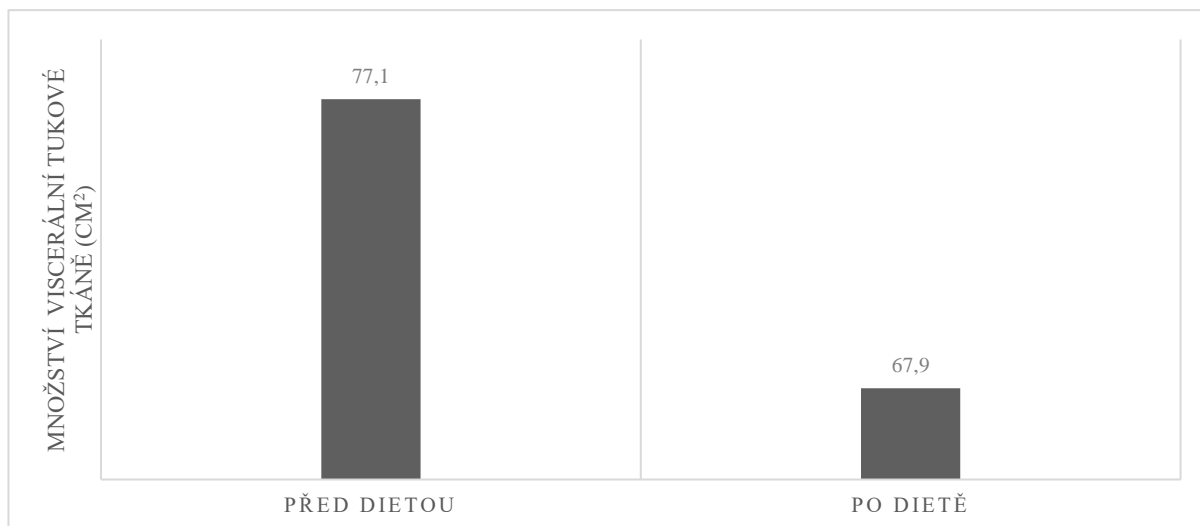
Obrázek 7 Pokles tělesné hmotnosti během standardní diety

Tělesný tuk klesl z hodnoty 18,9 kg na 17,4 kg (Obrázek 8). Jestliže žena ztratila pouze 1,5 kg tukové tkáně, zbylých 0,9 kg musela ztratit v jiných tkáních. Proto jsme se zaměřili ještě na ztrátu svalové hmoty a vody, abychom lépe analyzovali váhový úbytek. K výrazné ztrátě došlo i ve svalové tkáni, kde byl zaznamenán pokles o 0,6 kg; s tím je spojen i úbytek vody. Procento tělesného tuku se z hodnoty 31,8 % snížilo na 30,6 %.



Obrázek 8 Pokles tukové tkáně po standardní dietě

Množství viscerální tukové tkáně se příliš nezměnilo. Kleslo z hodnoty 77,1 cm<sup>2</sup> na hodnotu 67,9 cm<sup>2</sup> (Obrázek 9). Výsledná hodnota již těsně spadá do kategorie nízkého množství viscerálního tuku.



Obrázek 7 Pokles viscerální tukové tkáně po standardní dietě

Žena dietu hodnotí jako dobře využitelnou do každodenního života, ale očekávala lepší výsledek. Během diety nezaznamenala žádné výraznější negativní změny nálad. Naopak pociťovala dostatek energie a velmi jí vyhovovalo dodržování rozpisu

*Mezidobí* – během pěti týdnů po ukončení prvního typu diety žena nedodržovala žádný stravovací plán, ani si nepočítala kalorický příjem. Ze subjektivního hlediska hodnotí své stravování jako lehce nepravidelné, ale v souladu s racionální stravou. Během těchto 5 týdnů také navýšila pohybovou aktivitu z 3×60 min na 4×60 min za týden. Viscerální tuk poklesl jen nepatrně na hodnotu 66,6 cm<sup>2</sup>.

## 6.2 Cyklická ketogenní dieta

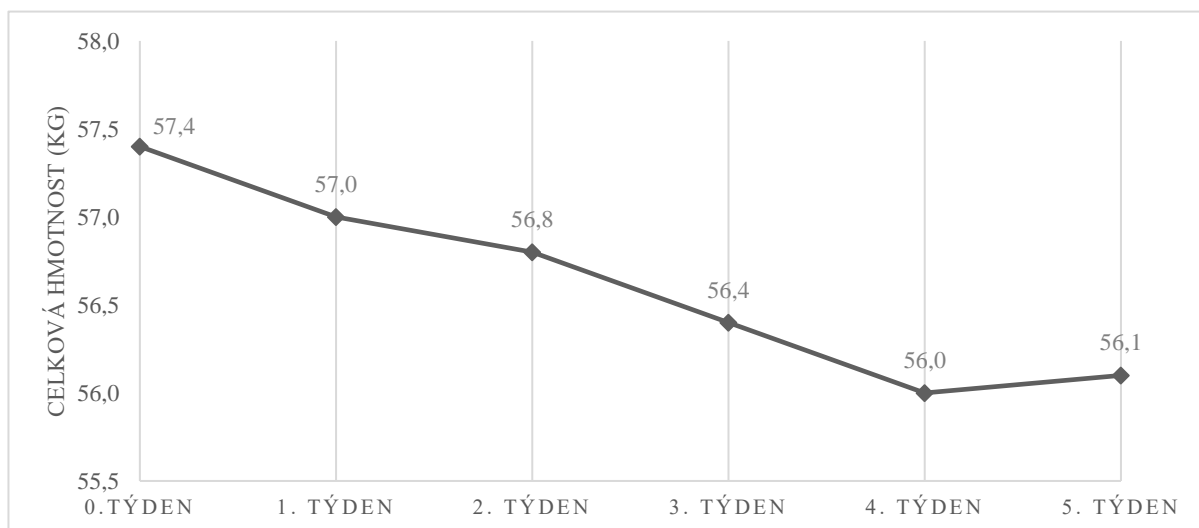
Stejně jako v kazuistice č. 1 bylo i zde zanedbáno časování sacharidů. Poslední tréninkový den proběhl v pátek a následoval další ketogenní den. Od pondělí do soboty se žena stravovala ketogenně, carb-load fáze byla nastavena na neděli.

Hodnota bazálního metabolismu činila 5231 kJ. Energetický příjem jsme dle metodiky rozpočítali pro ketogenní fázi bez sportovní aktivity na 5558 kJ, makroživiny byly zastoupeny takto: 30 g sacharidů, 102 g tuku a 75 g bílkovin.

Pro dny s fyzickou aktivitou byl příjem navýšen na 7060 kJ a makroživiny přepočítány na 30 g sacharidů, 143 g tuků a 75 g bílkovin. V carb-load fázi byl energetický příjem 5558 kJ a příjem makroživin vypadal následovně: 228 g sacharidů, 23 g tuků a 49 g bílkovin. Odchyłka je rovněž zanedbána.

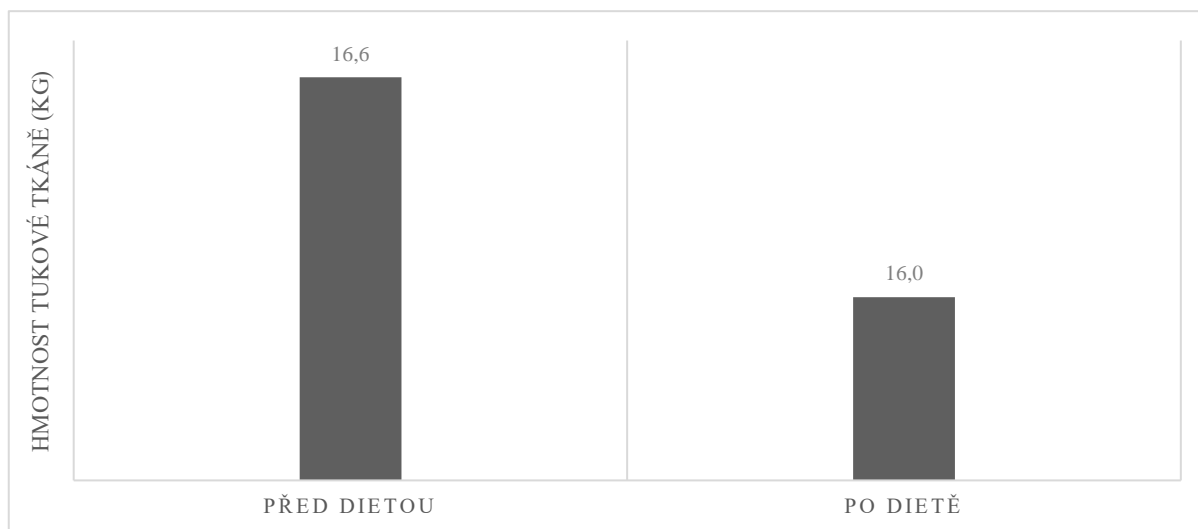
### 6.2.1 Výsledky diety

Pokles tělesné hmotnosti (Obrázek 10) za pět týdnů cyklické ketogenní diety činil 1,3 kg. Váhový úbytek byl pozvolný. Nejvyšší týdenní ztráta byla rovna 0,4 kg. Tuto hodnotu jsme zaznamenali po prvním, třetím i čtvrtém týdnu diety. Jelikož žena po čtvrtém týdnu onemocněla, dodržovala pouze stravovací plán a pohybovou aktivitu vynechala. To může být důvod, proč v posledním týdnu nastal nárůst hmotnosti o 0,1 kg. BMI se snížilo z hodnoty 22,2 kg/m<sup>2</sup> na 21,8 kg/m<sup>2</sup>.



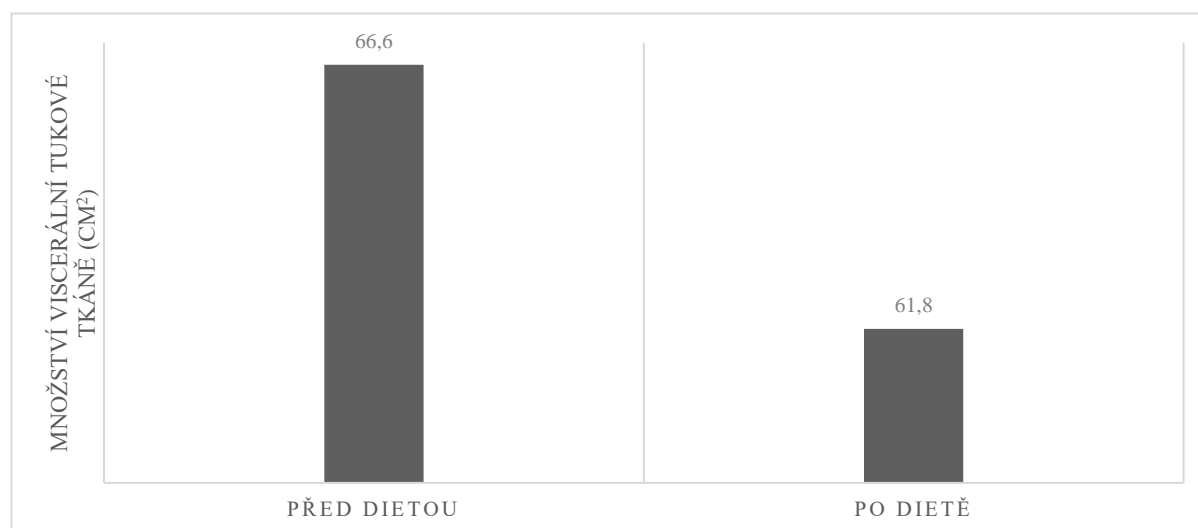
Obrázek 10 Pokles tělesné hmotnosti během CKD

Množství tělesného tuku kleslo z 16,6 kg na hodnotu 16,0 kg (Obrázek 11). Úbytek 0,6 kg tukové tkáně opět vypovídal také o ztrátě svalové hmoty (0,4 kg) a vody. Procento tělesného tuku se dostalo z 29,0 % na 28,6 %. Můžeme tedy hovořit o mnohem zdravějším množství tuku než na začátku výzkumu, kdy 31,8 % značilo nadváhu.



Obrázek 11 Pokles tukové tkáně po CKD

Obrázek 12 ilustruje pokles viscerálního tuku. Přestože úbytek celkové tukové tkáně nebyl tak výrazný (0,6 kg), zaznamenali jsme úbytek viscerální tukové tkáně. Z hodnoty 66,6 cm<sup>2</sup> se snížila na 61,8 cm<sup>2</sup>. Žena se tak bezpečně pohybuje v kategorii pro normální zastoupení viscerálního tuku (40–70 cm<sup>2</sup>).



Obrázek 12 Pokles viscerální tukové tkáně po CKD

Průběh diety žena popisuje jako velmi náročný. Samotný dietní plán hodnotí jako zajímavou zkušenost, ale jeho následování jí činilo o poznání větší problémy než u předchozí diety. Výrazně pozitivně hodnotí velikost porcí, kdy jedla menší objemy jídla, vzhledem k energetické denzitě tuku oproti objemným sacharidovým potravinám. Pro své budoucí stravování bude hledat alternativu na pomezí ketogenního stravování a běžného zdravého trojpoměru makroživin. Věří, že nebyť nemoci v pátém týdnu diety, výsledek by byl ještě o něco lepší.

### 6.3 Výpočet účinnosti obou typů diet na redukci viscerální tukové tkáně

Pro vyhodnocení efektu jednotlivých diet na redukci viscerální tukové tkáně, byly vypočítány dílčí výsledky, které byly následně porovnány.

- I. O kolik se sníží viscerální tuk ( $\text{cm}^2$ ), pokud klesne množství tukové tkáně o 1 kg?  
 Úbytek tukové tkáně (kg) ..... úbytek viscerální tukové tkáně ( $\text{cm}^2$ )  
 úbytek 1 kg tukové tkáně .....  $x \text{ cm}^2$

- a) Po dosazení hodnot pro dietu se standardním zastoupením sacharidů:

$$\begin{aligned} 1,5 \text{ kg tukové tkáně} & \dots\dots\dots 9,2 \text{ cm}^2 \\ 1,0 \text{ kg tukové tkáně} & \dots\dots\dots x \text{ cm}^2 \\ x & = 6,13 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Při redukci tukové tkáně o 1 kg došlo ke snížení viscerálního tuku o  $6,13 \text{ cm}^2$ .

- b) Po dosazení hodnot pro cyklickou ketogenní dietu:

$$\begin{aligned} 0,6 \text{ kg tukové tkáně} & \dots\dots\dots 4,8 \text{ cm}^2 \\ 1,0 \text{ kg tukové tkáně} & \dots\dots\dots y \text{ cm}^2 \\ y & = 8,0 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Při redukci tukové tkáně o 1 kg došlo ke snížení viscerálního tuku o  $8,0 \text{ cm}^2$ .

- II. Porovnání výsledků

Z dílčích výpočtů dostáváme dvě hodnoty, a sice  $x = 6,13 \text{ cm}^2$  pro dietu s normálním zastoupením sacharidů a  $y = 8,0 \text{ cm}^2$  pro cyklickou ketogenní dietu. Po odečtení  $x$  od  $y$  dostáváme rozdíl  $1,87 \text{ cm}^2$ . Z toho vyplývá, že při CKD došlo k o  $1,87 \text{ cm}^2$  vyšší redukci

viscerálního tuku na 1 kg tuku celkového. Cyklická ketogenní dieta se tak jeví jako nepatrně účinnější.



## 7 Diskuze

Viscerální tuková tkáň je svou metabolickou aktivitou odpovědná za řadu zdravotních komplikací. V praktické části bakalářské práce jsme se snažili vysledovat vliv cyklické ketogenní diety na redukci viscerální tukové tkáně a porovnali jsme ji s dietou s normálním zastoupením sacharidů.

V naší studii podstoupili dva dobrovolníci nejprve dietu s 55% zastoupením sacharidů a následně (po pěti týdnech) cyklickou ketogenní dietu (5 % sacharidů, 20 % bílkovin, 75 % tuků).

Studie na toto téma neshledávají v úbytku viscerálního tuku pomocí diet preferujících odlišné zastoupení tuků a sacharidů žádné kardinální rozdíly. K tomuto závěru dochází například tříměsíční studie, zaměřená na srovnání redukce viscerálního tuku pomocí nízkosacharidové vysokotučné diety (73 % tuků, 10 % sacharidů) a vysokosacharidové diety (53 % sacharidů, 30 % tuků) (Veum et.al. 2017). Výsledky této studie jsou v souladu s našimi výsledky, které rovněž nenacházejí výraznější odlišnosti v účinnosti obou typů diet.

Při vztažení redukce viscerální tukové tkáně na redukci jednoho kilogramu tukové tkáně, pak v kazuistice č. 1 i kazuistice č. 2 vychází CKD jako lehce účinnější (o 0,64 cm<sup>2</sup> v kazuistice č. 1 a o 1,87 cm<sup>2</sup> v kazuistice č. 2). Rozdíly ve ztrátě viscerálního tuku jsou ale natolik minimální, že nelze s určitostí říci, zda byl pozitivní výsledek pro CKD opravdu způsoben vyšší účinností CKD a nebyl například ovlivněn nepřesností měření či jiných faktorů.

Ve studiích věnovaných redukci hmotnosti pomocí SKD pozorovali výzkumníci výrazný úbytek hmotnosti v prvních týdnech diety. Tento jev je spojen hlavně s redukcí zásob glykogenu. Každý jeho gram na sebe váže vodu v množství 3–4 gramů (Olssen & Saltin 1970), a proto dochází k tak rychlému úbytku na váze. V naší studii CKD nezpůsobila razantní ztrátu vody, protože glykogen byl doplněn v carb-load fázi. Dobrovolníci se vážili vždy první den nového týdne, tzn. po sacharidovém dni, proto by měl úbytek zaznamenaný na váze pocházet především z redukce tukové (popřípadě částečně ze svalové) tkáně, a ne z vyčerpaných zásob glykogenu a ztracené vody. Konečné porovnání výsledků z InBody 270 neodhalilo výrazné změny v zastoupení vody v těle ani v jedné kazuistice.

Nežádoucí ztrátě svalové hmoty se ve své studii věnuje Lowery et al. (in prep) (Wilson & Lowery 2017). Porovnáním vlivu CKD a SKD na redukci hmotnosti a ztrátu svalové

hmoty shledává, že zatímco při SKD pocházel úbytek zejména z tukové tkáně, při CKD nastal větší úbytek ze svalové hmoty. Tato ztráta by mohla být zapříčiněna nedostatečnou hladinou ketolátek v krvi. Adaptace na ketózu je dle této studie u CKD výrazně zpomalena carb-load fází, po níž nastává ketogenní stav během cca čtyř dní. Hladiny ketolátek v krvi jsou proto u CKD výrazně nižší než u SKD, kde ketogenní stav není narušován.

Naše studie je s těmito výsledky v rozporu. V kazuistice č. 1 bioimpedanční měření nezaznamenalo ztrátu kosterní svaloviny. V kazuistice č. 2 žena sice během CKD ztratila 0,4 kg svalové hmoty, ale zároveň došlo i ke ztrátě tuku, která byla vyšší. Proto ani kazuistika č. 2 neodpovídá výsledkům této studie. Nízkou hladinou ketolátek v krvi během CKD nemůžeme potvrdit ani vyvrátit, jelikož o těchto hodnotách nemáme záznamy. Ztráta svalové hmoty u ženy z kazuistiky č. 2, která nastala u obou typů diet, mohla být zapříčiněna spíše podhodnoceným příjmem bílkovin nebo nedostatečným energetickým příjmem, popřípadě kombinací obojího.

Dle studií (Johnson et al. 1994; Bosy-Westphal et al. 2014) úbytek hmotnosti také může souviset s tím, že lidé s normální hmotností, kterému odpovídá žena z kazuistiky č.2 (BMI 23,1 kg/m<sup>2</sup>), ztrácí při redukci hmotnosti až 35 % z beztukové hmoty, čemuž by odpovídaly oba svalové úbytky.

Pomocí analýzy našich výsledků tedy docházíme k závěru, že v souvislosti s redukcí viscerálního tuku nelze hovořit o lepší či horší dietě. Zároveň bychom doporučili u CKD dodržení delších cyklů, kdy by carb-load fáze byla zařazena například po deseti a více dnech – ketolátky by dosáhly vyšší hladiny a docházelo by k výraznějšímu spalování tuků, jako je tomu u SKD.

## 8 Závěr

V dřívějších dobách byla tuková tkáň vnímána jako pouhá energetická rezerva s ochrannou funkcí proti nárazům a chladu, s rostoucím poznáním lidského těla bylo zjištěno, že je také důležitým endokrinním orgánem s velkým metabolickým dopadem.

V novodobých studiích se začaly potvrzovat domněnky o vyšším negativním vlivu viscerální tukové tkáně na rozvoj kardiometabolických onemocnění jedince oproti subkutánní tukové tkáni. Pro prevenci a možnost včasného řešení vznikajícího problému byly navrženy parametry hodnotící riziko spojené s velkým zastoupením viscerální tukové tkáně, jako je např. poměr obvodu pasu k bokům (WHR).

V kazuistice č. 1 se podařilo zredukovat viscerální tukovou tkáň z hodnot značících extrémní zastoupení na hodnoty pro hraniční zastoupení viscerální tukové tkáně. Tohoto úspěchu bylo dosaženo pomocí diety s normálním zastoupením sacharidů a pomocí cyklické ketogenní diety. Toto snížení ukázalo relativně snadnou cestu od rizikových hodnot viscerální tukové tkáně na hodnoty, které již nejsou zdraví ohrožující.

Obě diety v kazuistice č. 1 i v kazuistice č. 2 vykazovaly pro redukcí viscerální tukové tkáně podobný efekt. O něco vyšší úbytek viscerální tukové tkáně na úbytek 1 kg tukové tkáně byl zaznamenán u CKD. Odchyly v měření mohly způsobit zkreslení výsledků, proto je pozorovaná vyšší účinnost CKD natolik neprůkazná, že nelze vyvodit jasné stanovisko doporučující CKD jako vhodnější nástroj pro snížení viscerálního tuku.

CKD by měla být volena lidmi, kteří tvrdě trénují (fitness, kulturistika) a jsou schopni brzy vyčerpat glykogenové zásoby pomocí tréninku. To je rozhodující faktor pro ketogenní stav organismu během CKD. U takových lidí by mohla CKD vykazovat markantnější vliv na redukcí tuku, nicméně studie věnující se této problematice chybí a poznatky, z nichž bychom mohli čerpat, se opírají pouze o vlastní zkušenosti sportovců.

Dobrovolníci pro tuto studii nebyli tvrdě sportujícími osobami. Proto bychom vzhledem k redukčním úspěchům diety s běžným zastoupením sacharidů navrhli právě tuto dietu pro osoby s cílem redukce tuku – výsledky po tomto typu diety byly oproti CKD motivující. Vzhledem k náročnosti stravování, které vyžadovalo dodržování CKD, totiž nebyl výsledek pro dobrovolníky orientující se pouze na svou hmotnost šťastný, přestože redukce viscerální tukové tkáně dopadla dobře.

Studie potvrdila důležitost negativní energetické bilance pro redukcí tukové tkáně a zároveň nutnost nastavení přiměřeného kalorického deficitu, jehož přílišná velikost způsobila úbytek svalové hmoty a neměla větší vliv na ztrátu viscerální a tukové tkáně (kazuistika č. 2).

Po zhodnocení všech výsledků jsme došli k závěru, že pro běžnou populaci je CKD v podobě šest dní ketogenně a jeden den sacharidově nevyhovující, a proto by měla být volena jiná forma ketogenní diety. Nejlépe standardní ketogenní dieta, kde odpadá nutnost fyzické aktivity a střídání cyklů. Alternativou mohou být i různé typy nízkosacharidového stravování, které by mohly přinést dobré výsledky jak po stránce prosté redukce hmotnosti, tak po stránce zdravotní.

## 9 Literatura

- Adeva-Andany MM, Carneiro-Freire N, Seco-Filgueira M, Fernández-Fernández C, Mouriño-Bayolo D. 2018. Mitochondrial  $\beta$ -oxidation of saturated fatty acids in humans. *Mitochondrion*. DOI: 10.1016/j.mito.2018.02.009.
- Ahmed SH, et al. 2018. Correlation of trans fatty acids with the severity of coronary artery disease lesions. *Lipids in Health and Disease* **17**:52.
- Astrup A, Larsen TM, Harper A. 2004. Atkins and other low-carbohydrate diets: hoax or an effective tool for weight loss? *The Lancet* **364**:897-899.
- Baginski S. 2012. *Biochemistry research updates*. Nova Science Publishers, Hauppauge, N.Y.
- Birnbaum MJ. 2003. Lipolysis: more than just a lipase. *The Journal of Cell Biology* **161**:1011-1012.
- Boison D. 2017. New insights into the mechanisms of the ketogenic diet. *Current Opinion in Neurology* **30**:187-192.
- Bosy-Westphal A, Muller MJ. 2014. Measuring the impact of weight cycling on body composition: a methodological challenge. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* **17**:396-400.
- Bovey F, Cros J, Tuzson B, Seyssel K, Schneiter P, Emmenegger L, Tappy L. 2018. Breath acetone as a marker of energy balance: an exploratory study in healthy humans. *Nutrition & Diabetes* **8**:50.
- Brát J. 2015. Vývoj výživových doporučení pro tuky. *Výživa a potraviny* **6**:146-148.
- Brát J. 2017. Tučná fakta o tucích, aneb máme se bát tuků? *Potravinářská komora České republiky, Praha*.
- Clark N. 2004. *Sports Nutrition Guidebook*. Human Kinetics, Champaign.
- Coelho M, Oliveira T, Fernandes R. 2013. State of the art paper Biochemistry of adipose tissue: an endocrine organ. *Archives of Medical Science* **2**:191-200.
- Costill D, Bowers R, Branam G, Sparks K. 1971. Muscle glycogen utilization during prolonged exercise on successive days. *Journal of Applied Physiology* **31**:834-838.
- Coyle E. 1995. Substrate utilization during exercise in active people. *The American Journal of Clinical Nutrition* **61**:968-979.
- de Souza RJ, et al. 2015. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *The BMJ* **351**:1-16.
- Dostálová J. 2018. *Společnost pro výživu. Společnost pro výživu, Z.S., Praha*. Available from <http://www.vyzivaspol.cz/soja/> (accessed únor 2019).

- Duncan RE, Ahmadian M, Jaworski K, Sarkadi-Nagy E, Sul HS. 2007. Regulation of Lipolysis in Adipocytes. *Annual Review of Nutrition* **27**:79-101.
- Eenfeldt A, Scher B. 2019. Diet Doctor. Diet Doctor Sweden AB. Available from <https://www.dietdoctor.com/low-carb/vegetables> (accessed únor 2019).
- Eenfeldt A, Scher B. 2019. Diet Doktor, Diet Doctor Sweden AB. Available from <https://www.dietdoctor.com/low-carb> (accessed březem 2019).
- Eenfeldt A. 2019. Diet Doctor. Diet Doctor Sweden AB. Available from <https://www.dietdoctor.com/low-carb/fats-sauces> (accessed únor 2019).
- Eenfeldt A. 2019. Diet Doctor. Diet Doctor Sweden AB. Available from <https://www.dietdoctor.com/low-carb/snacks> (accessed únor 2019).
- Evans M, Cogan KE, Egan B. 2017. Metabolism of ketone bodies during exercise and training: physiological basis for exogenous supplementation. *The Journal of Physiology* **595**:2857-2871.
- Fernández-Quintela A, Churruca I, Portillo M. 2007. The role of dietary fat in adipose tissue metabolism. *Public Health Nutrition* **10 (10 A)**:1126-1131.
- Fox C, et al. 2007. Abdominal Visceral and Subcutaneous Adipose Tissue Compartments. *Circulation* **116**:39-48.
- Frej D. 2016. Tučné superpotravin y a oleje. Eminent, Praha.
- Fried M. 2005. Moderní chirurgické metody léčby obezity. Grada, Praha.
- Gardner C. 2012. Tailoring dietary approaches for weight loss. *International Journal of Obesity Supplements* **2**:11-15.
- Gosmanov AR, Gosmanova E, Dillard-Cannon E. 2014. Management of adult diabetic ketoacidosis. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy* **7**:255-264.
- Grabacka M, Pierzchalska M, Dean M, Reiss K. 2016. Regulation of Ketone Body Metabolism and the Role of PPAR $\alpha$ . *International Journal of Molecular Sciences* **17**:1-24.
- Hainer V. 2011. Základy klinické obezitologie. Grada, Praha.
- Hames KC, Koutsari C, Santosa S, Bush NC, Jensen MD. 2015. Adipose tissue fatty acid storage factors: effects of depot, sex and fat cell size. *International Journal of Obesity* **39**:884-887.
- Heffernan A. 2018. Onnit. Onnit Labs. Available from <https://www.onnit.com/academy/vegan-keto-diet/> (accessed únor 2019).
- Houten SM, Wanders RJK. 2010. A general introduction to the biochemistry of mitochondrial fatty acid  $\beta$ -oxidation. *Journal of Inherited Metabolic Disease* **33**:469-477.

- Challa HJ, Uppaluri KR. 2019. StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482457/> (accessed únor 2019).
- Chouchani ET, Kajimura S. 2019. Metabolic adaptation and maladaptation in adipose tissue. *Nature Metabolism* **1**:189-200.
- Churchward-Venne TA, Murphy CH, Longland TM, Phillips SM. 2013. Role of protein and amino acids in promoting lean mass accretion with resistance exercise and attenuating lean mass loss during energy deficit in humans. *Amino Acids* **45**:231-240.
- InBody. 2017. InBody. InBody, Brno. Available from <https://www.inbody.cz/blog/666-pbf-aneb-procentualni-podil-telesneho-tuku> (accessed březem 2019).
- Ivy JL. 1991 Muscle Glycogen Synthesis Before and After Exercise. *Sports Medicine* **11**:6.
- Johnson MJ, Friedl KE, Frykman PN, Moore RJ. 1994. Loss of muscle mass is poorly reflected in grip strength performance in healthy young men. *Med Sci Sports Exerc* **26**:235–40.
- Kanikarla-Marie P, Jain SK. 2016. Hyperketonemia and ketosis increase the risk of complications in type 1 diabetes. *Free Radical Biology and Medicine* **95**:268-277.
- Kerr BJ, Kellner TA, Shurson GC. 2015. Characteristics of lipids and their feeding value in swine diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **6**:30.
- Kershaw EE, Flier JS. 2004. Adipose Tissue as an Endocrine Organ. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* **89**:2548-2556.
- Kleiner S, Greenwood-Robinson M. 2010. *Fitness výživa: Power Eating program*. Grada, Praha.
- Kopáček J. 2014. *Jak poznáme kvalitu? Mléko a mléčné výrobky*. Studio 66 & Partners, s.r.o., Praha.
- Kosinski C, Jornayvaz FR. 2017. Effects of Ketogenic Diets on Cardiovascular Risk Factors: Evidence from Animal and Human Studies. *Nutrients* **9**:517.
- Koublová E. 2018. *Improve Academy*. Improve Academy s.r.o., Praha. Available from <http://www.improveacademy.cz/wp-content/uploads/2018/02/tvorba-jidelnicku-a-nektere-zdroje.pdf> (accessed březem 2019).
- Kunešová M. 2017. *Mléko a mléčné výrobky ve výživě II*. Potravinářská komora České republiky, Praha.
- Kunová V. 2017. *Společnost pro výživu*. Společnost pro výživu, Z.S., Praha. Available from <http://www.vyzivaspol.cz/ryby/> (accessed únor 2019).

- Kwok KHM, Lam KSL, Xu A. 2016. Heterogeneity of white adipose tissue: molecular basis and clinical implications. *Experimental & Molecular Medicine* (e215) DOI: 10.1038/emm.2016.5.
- Lass A, Zimmermann R, Oberer M, Zechner R. 2011. Lipolysis – A highly regulated multi-enzyme complex mediates the catabolism of cellular fat stores. *Progress in Lipid Research* **50**:14-27.
- Lawrence GD. 2013. *The fats of life: essential fatty acids in health and disease*. Rutgers University Press, New Brunswick, N.J.
- Lee J, Shin A, Oh JH, Kim J. 2017. Colors of vegetables and fruits and the risks of colorectal cancer. *World Journal of Gastroenterology* **23**:2527-2538.
- Longo N, Frigeni M, Pasquali M. 2016. Carnitine transport and fatty acid oxidation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research* **1863**:2422-2435.
- Lopes-Cardozo M, Mulder I, van Vugt F, Hermans PG, van den Bergh SG, Klazinga W, de Vries-Akkerman E. 1975. Aspects of ketogenesis: control and mechanism of ketone-body formation in isolated rat-liver mitochondria. *Molecular and Cellular Biochemistry* **9**:155-73.
- Manninen AH. 2004. Metabolic Effects of the Very-Low-Carbohydrate Diets: Misunderstood "Villains" of Human Metabolism. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **1**:7-11.
- Manninen AH. 2006. Very-low-carbohydrate diets and preservation of muscle mass. *Nutrition & Metabolism* **3**:9.
- McDonald L. 1998. *The Ketogenic Diet: A complete guide for the Dieter and Practitioner*. Morris Publishing, Kearney.
- McGuire LC. 2006. Alcoholic ketoacidosis. *Emergency Medicine Journal* **23**:417-420.
- Modre-Osprian R, Osprian I, Tilg B, Schreier G, Weinberger KM, Graber A. 2009. Dynamic simulations on the mitochondrial fatty acid Beta-oxidation network. *BMC Systems Biology* **3**:2.
- Newman JC, Verdin E. 2014. Ketone bodies as signaling metabolites. *Trends in Endocrinology & Metabolism* **25**:42-52.
- Oh TH, et al. 2008. Visceral obesity as a risk factor for colorectal neoplasm. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* **23**:411-417.
- Olsson KE, Saltin B. 1970. Variation in Total Body Water with Muscle Glycogen Changes in Man. *Acta Physiologica* **80**:11-18.



- Ouchi N, Parker JL, Lugus JJ, Walsh K. 2011. Adipokines in inflammation and metabolic disease. *Nature Reviews Immunology* **11**:85-97.
- Paoli A, Bianco A, Grimaldi KA. 2015. The Ketogenic Diet and Sport. *Exercise and Sport Sciences Reviews* **43**:153-162.
- Paoli A, Rubini A, Volek JS, Grimaldi KA. 2013. Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. *European Journal of Clinical Nutrition* **67**:789-796.
- Phinney SD. 2004. Ketogenic diets and physical performance. *Nutrition & Metabolism* **1**:2.
- Pinckaers PJM, Churchward-Venne TA, Bailey D, van Loon LJC. 2017. Ketone Bodies and Exercise Performance: The Next Magic Bullet or Merely Hype? *Sports Medicine* **47**:383-391.
- Puchalska P, Crawford PA. 2017. Multi-dimensional Roles of Ketone Bodies in Fuel Metabolism, Signaling, and Therapeutics. *Cell Metabolism* **25**:262-284.
- Ratcliffe J. 2005. *Low Carb Made Easy*. Hinkler Books, Heatherton, VIC.
- Ritchie SA, Connell JMC. 2007. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* **17**:319-326.
- Saponaro C, Gaggini M, Carli F, Gastaldelli A. 2015. The Subtle Balance between Lipolysis and Lipogenesis: A Critical Point in Metabolic Homeostasis. *Nutrients* **7**:9453-9474.
- Shaffer PA. 1921. Antiketogenesis: I. An In Vitro Analogy. *Journal of Biological Chemistry* **47**:433-448.
- Sheppard KW, Cheatham CL. 2018. Omega-6/omega-3 fatty acid intake of children and older adults in the U.S: dietary intake in comparison to current dietary recommendations and the Healthy Eating Index. *Lipids in Health and Disease* **17**:43.
- Shi L, Tu BP. 2015. Acetyl-CoA and the regulation of metabolism: mechanisms and consequences. *Current Opinion in Cell Biology* **33**:125-131.
- Shilpa J, Mohan V. 2018. Ketogenic diets: Boon or bane? *Indian Journal of Medical Research* vol. **148**:251-253.
- Shuster A, Atlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M. 2012. The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *The British Journal of Radiology* **85**:1-10.
- Simopoulos AP. 2008. The Importance of the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. *Experimental Biology and Medicine* **233**:674-688.

- Simopoulos AP. 2011. Evolutionary Aspects of Diet: The Omega-6/Omega-3 Ratio and the Brain. *Molecular Neurobiology* **44**:203-215.
- Skrovankova S, Sumczynski D, Mlcek J, Jurikova T, Sochor J. 2015. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *International Journal of Molecular Sciences* **16**:24673-24706.
- Svačina Š. 2008. *Klinická dietologie*. Grada, Praha.
- Teicholz N. 2014. *The big fat surprise: why butter, meat, and cheese belong in a healthy diet*. Simon & Schuster, New York.
- Tomášková K. 2018. Společnost pro výživu. Společnost pro výživu, Z.S., Praha. Available from <http://www.vyzivaspol.cz/maso/> (accessed únor 2019).
- Tomášková K. 2018. Společnost pro výživu. Společnost pro výživu, Z.S., Praha. Available from <http://www.vyzivaspol.cz/vejce/> (accessed únor 2019).
- Tsao YC, Lee YY, Chen JY, Yeh WC, Chuang CH, Yu W, Li WC. 2019. Gender-and Age-Specific Associations Between Body Fat Composition and C-Reactive Protein with Lung Function: A Cross-Sectional Study. *Scientific Reports* **9**:384.
- Tvrzicka E, Kremmyda LS, Stankova B, Zak A. 2011. Fatty acids as biocompounds: Their role in human metabolism, health and disease-a review. Part 1. *Biomedical Papers* **155**:117-130.
- Velíšek J, Hajšlová J. 2009. *Chemie potravin*. OSSIS, Tábor.
- Veum VL, et al. 2016. Visceral adiposity and metabolic syndrome after very high-fat and low-fat isocaloric diets: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* **105**:85–99.
- Wheless JW. 2008. History of the ketogenic diet. *Epilepsia* **49**:3-5.
- White H, Venkatesh B. 2011. Clinical review: Ketones and brain injury. *Critical Care* **15**:219.
- Wilson J, Lowery R. 2017. *The ketogenic bible: the authoritative guide to ketosis*. Victory Belt Publishing, Las Vegas
- Wirrell EC. 2008. Ketogenic ratio, calories, and fluids: Do they matter? *Epilepsia* **49**:17-19.
- Youngson NA, Morris MJ, Ballard JWO. 2017. The mechanisms mediating the antiepileptic effects of the ketogenic diet, and potential opportunities for improvement with metabolism-altering drugs. *Seizure* **52**:15-19.
- Zadák Z, Květina J. 2011. *Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii*. Galén, Praha.

Zhang M, Sun W, Qian J, Tang Y. 2018. Fasting exacerbates hepatic growth differentiation factor 15 to promote fatty acid  $\beta$ -oxidation and ketogenesis via activating XBP1 signaling in liver. *Redox Biology* **16**:87-96.

## 10 Seznam použitých zkratk a symbolů

ACAT1	acetoacetyl-CoA thioláza
ATGL	triglyceridová lipáza
ATP	adenosintrifosfát
BIA	bioelektrická impedance
BMI	index tělesné hmotnosti
BMR	bazální metabolismus
CKD	cyklická ketogenní dieta
DAG	diacylglycerol
EFA	esenciální mastná kyselina
FA	mastná kyselina
FAD	flavinadenindinukleotid
FADH <sub>2</sub>	flavinadenindinukleotid redukovaná forma
GI	glykemický index
HPKD	vysokoproteinová ketogenní dieta
HSL	hormon senzitivní lipáza
IOTF	mezinárodní organizace pro obezitu
MAG	monoacylglycerol
MCT1	monokarboxylátový transportér
MGL	monoglyceridová lipáza
MUFA	monoenová mastná kyselina
NADH	nikotinamidadenindinukleotid redukovaná forma
PBF	procento tělesného tuku
PSMF	protein sparing modified fast
PUFA	polyenová mastná kyselina
SFA	nasycená mastná kyselina
SKD	standardní ketogenní dieta
TAG	triacylglycerol
TFA	<i>trans</i> -mastná kyselina
TKD	cílená ketogenní dieta
TNF- $\alpha$	faktor nádorové nekrózy
VLDL	velmi nízkodenzitní lipoprotein
WC	prostý obvod pasu

WHO světová zdravotnická organizace  
WHR poměr boků k pasu

## 11 Samostatné přílohy

***Tabulka 1*** *Denní jídelníček pro dietu s normáním zastoupením sacharidů*

				<b>Jídelníček na den se sportovní aktivitou</b>			
Potravina	Jednotka	Množství	Energie za celé jídlo (kJ)	Sacharidy celkem (g)	Tuky celkem (g)	Bílkoviny celkem (g)	
Snídaně	Acidofilní mléko	ml	330				
	Banán	g	120	1831	45	21	
	Kešu máslo	g	20			17	
Dopolední svačina	Jablko	g	175				
	Vlašské ořechy	g	20	974	25	13	
						4	
Oběd	Rýže	g	125				
	Fazolové lusky	g	75	2268	108	8	
	Olej oliv.	ml	7			8	
Odpolední svačina	Knäckebröt	g	30				
	Lučina	g	25	874	28	8	
	Mrkev	g	100			6	
Večeře	Treska filé	g	80				
	Brambory	g	200				
	Okurka sal.	g	75	1197	34	8	
	Máslo	g	7			19	
Celkem				7144	240	58	
						54	

***Tabulka 2 Denní jídelníček pro ketogenní fázi CKD***

				<b>Ketogenní jídelníček na den bez sportovní aktivity</b>			
Potravina	Jednotky	Množství	Energie za celé jídlo (kJ)	Sacharidy celkem (g)	Tuky celkem (g)	Bílkoviny celkem (g)	
Snídaně	Vejce	ks	2	1370	4	26	20
	Gouda	g	15				
	Polníček	g	100				
	Olej řepkový	ml	10				
Dopolední svačina	Tvaroh tučný	g	100	924	4	19	9
	Olej makový	ml	10				
Oběd	Losos	g	100	1262	2	24	20
	Rukola	g	125				
	Olej oliv.	ml	10				
Odpolední svačina	Šunka zvonářka	g	50	605	4	9	12
	Sezam. semínko	g	10				
	Okurka sal.	g	100				
Večeře	Hermelín	g	50	1196	8	19	21
	Večerní chlebník	g	40				
	Okurka sal.	g	150				
	Rajče	g	100				
Celkem			5357	22	97	82	

***Tabulka 3*** *Denní jídelníček pro sacharidovou fázi CKD*

		<b>Sacharidový jídelníček na den</b>				
	Potravina	Množství	Energie za celé jídlo (kJ)	Sacharidy celkem (g)	Tuky celkem (g)	Bílkoviny celkem (g)
Snídaně	Krupice	60 g	1381	58	7	8
	Banán	60 g				
	Olej	7 ml				
	makový					
Dopolední svačina	Jablko	150 g	394	20	1	1
Oběd	Rýže	100 g	1865	87	4	14
	Kukuřice	20 g				
	Hrášek	20 g				
	Eidam 20 % tuku	20 g				
Dopolední svačina	Ovesné vločky	30 g	967	35	5	11
	Mléko 1,5 % tuku	200 ml				
	Jablko	50 g				
Večeře	Tortilla	1 ks (62,5 g)	947	32	4	15
	Krůtí šunka	50 g				
	Ledový salát	50 g				
		<b>Celkem</b>	<b>5554</b>	<b>232</b>	<b>21</b>	<b>49</b>



Dotazník část I. Osobní anamnéza

Pohlaví:                      Věk:                      Výška:                      Váha:

Alergie:

Intolerance:

Onemocnění, s kterými se léčíte:

Pravidelně užívané léky:

Zaměstnání:                      SEDAVÉ                      AKTIVNÍ

Pravidelná pracovní doba:                      ANO                      NE

Máte čas v průběhu práce na jídlo:                      ANO                      NE

Životní styl:

a) kouříte                      ANO                      NE

b) pijete alkohol                      ANO                      NE

- pokud ano jak často během týdne:

1) Jste se svým vzhledem spokojena?

ANO                      NE

2) Myslíte si, že setrvání v dosavadním životním stylu Vám může přinést zdravotní potíže?

ANO                      NE

3) Držela jste někdy nějakou dietu? Kolikrát?

ANO                      NE

4) Pokud ANO, kdo byl jejím autorem?

ČASOPIS / SAMA / ODBORNÍK / KAMARÁDKA                      jiné (vypište) .....

5) Zhubla jste?

ANO                      NE

6) Pokud ANO, udržela jste si alespoň 6 měsíců novou váhu?

ANO                      NE

7) Motivoval Vás průběh diety, tedy Vaše váhové či centimetrové úbytky?

ANO                      NE

Zaškrtněte: během diety jsem se cítila...

šťastná                      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10                      nešťastná

plná energie                      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10                      unavená

v pohodě                      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10                      vystresovaná

sytá                      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10                      hladová

Dotazník část II. Dieta s normálním zastoupením sacharidů

1) Bylo pro Vás dodržování stravovacího plánu snadné?

ANO NE

2) Motivoval Vás průběh diety?

ANO NE

3) Měla jste dostatek energie a náladu na sportovní aktivitu?

ANO NE

4) Zaznamenala jste na sobě změnu nálady, pocitů?

ANO NE

5) Pokud ANO jak se změna projevila?

.....

6) Pociťovala jste přirozený hlad zhruba po 2-4 hodinách?

ANO NE

7) Jste spokojena s výsledkem?

ANO NE

8) Dovedete si představit, že se takto stravujete celý život?

ANO NE

Zaškrtněte: během diety jsem se cítila...

šťastná 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 nešťastná

plná energie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 unavená

v pohodě 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 vystresovaná

sytá 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 hladová

Dotazník část III. Cyklická ketogenní dieta

1) Bylo pro Vás dodržování stravovacího plánu snadné?

ANO NE

2) Motivoval Vás průběh diety?

ANO NE

3) Měla jste dostatek energie a náladu na sportovní aktivitu?

ANO NE

4) Zaznamenala jste na sobě změnu nálady, pocitů?

ANO NE

5) Pokud ANO, jak se změna projevila?

.....

6) Pociťovala jste přirozený hlad zhruba po 2-4 hodinách?

ANO NE

7) Jste spokojena s výsledkem?

ANO NE

8) Dovedete si představit, že se takto stravujete celý život?

ANO NE

Zaškrtněte: během diety jsem se cítila...

šťastná 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 nešťastná

plná energie 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 unavená

v pohodě 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 vystresovaná

sytá 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 hladová

***Tabulka 4 Přehled sportovních aktivit a jejich nároků na energii***

Sportovní aktivity	kJ/kg.min	kcal/kg.min
Aerobik (střední tempo)	0,428	0,102
Běh rychlostí 10 km/h v mírně zvlněném terénu	0,737	0,176
Běh rychlostí 10 km/h ve zvlněném terénu	0,749	0,179
Běh rychlostí 12 km/h ve zvlněném terénu	0,852	0,204
Běžky (lehký sníh-volné tempo)	0,463	0,111
Bowling	0,392	0,094
Hokej (lední)	1,243	0,297
Horolezectví	0,527	0,126
Chůze rychlostí 4,0 km/h po rovině	0,218	0,052
Chůze rychlostí 6.0 km/h v mírně zvlněném terénu	0,396	0,095
Jízda na kole (cyklistika) - rychlost 19 km/h	0,523	0,125
Karate	0,846	0,202
Lyžařský sjezd (lehký)	0,435	0,104
Maratón závodní	1,306	0,312
Plavání-rekreační tempo (prsa)	0,677	0,162
Posilování (kruhový trénink bez zátěže)	0,356	0,085
Posilování (kruhový trénink Universal)	0,472	0,113
Rotoped-těžká jízda	0,378	0,095
Tenis (rekreační dvouhra)	0,686	0,164
Turistika (horská)	0,620	0,149

(převzato: Enervit.cz, online, 16.12.2018)