

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

DISERTAČNÍ PRÁCE

**2021**

**Lenka Sontáková**

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Vliv pohybové aktivity a omega-3 mastných kyselin na  
tělesnou kompozici u seniorek**

Disertační práce

Vedoucí disertační práce:

**Doc. Mgr. Michal Štefl, Ph.D.**

Vypracovala:

**Mgr. Lenka Sontáková**

**Praha, 2021**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou disertační práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis studentky

## **Poděkování**

**Ráda bych poděkovala svému školiteli doc. Michalu Štefflovi, Ph.D. za podporu a trpělivé vedení v průběhu celého postgraduálního studia. Děkuji za cenné rady, vstřícnost při konzultacích, odbornou pomoc při statistickém zpracování dat a článků a samotnému vypracování disertační práce.**

**Dále bych chtěla poděkovat PhDr. Kláře Daďové, Ph.D. za skvělé vedení při výzkumu a za její cenné zkušenosti v oblasti pohybové aktivity seniorů.**

**Poděkování patří i celému týmu projektu EXODYA, díky kterému se celý výzkum mohl uskutečnit a že jsem mohla být jeho součástí.**

**A děkuji také své rodině, která mě podporuje celý můj život.**

## **Abstrakt**

**Název:** Vliv pohybové aktivity a omega-3 mastných kyselin na tělesnou kompozici u seniorek

**Cíle:** Cílem práce je zjistit vliv kombinované aerobní a dynamické silové aktivity a současné suplementace omega-3 mastnými kyselinami na tělesnou kompozici u žen seniorského věku nad 65 let.

**Metody:** Do intervenční studie bylo zahrnuto 51 žen ve věku 65-80 let. Intervence trvala 4 měsíce a před jejím začátkem a po jejím ukončení bylo u žen provedeno klinické vyšetření, antropometrie, bioimpedační vyšetření, AT biopsie, krevní odběry, DEXA a fitness testování.

Intenzita pohybové aktivity byla 3x týdně 1 hodina. Z toho 1 hodina byla věnována aerobní aktivitě – nordic walking a zbývající 2 hodiny pak silovému tréninku. Skupina byla také náhodně rozdělena na část, která užívala omega-3 mastné kyseliny a část s placebem.

**Výsledky:** Průměrné vstupní a výstupní hodnoty a změny ve vybraných ukazatelích tělesné kompozice měřené pomocí INBODY ukazují, že cvičení mělo statisticky významný pozitivní vliv na celkovou hmotnost, viscerální tuk a hodnotu BMI u obou skupin. Na rozdíl od skupiny Calanus došlo ke statisticky významnému zlepšení v kontrolní skupině rovněž u bílkovin a celkové svalové hmoty. Aditivní pozitivní vliv suplementace Calanem nebyl prokázán u žádné proměnné. Přičemž jistá pozitivní tendence v porovnání s placebem lze vidět u viscerálního tuku ( $r = 0,13$ ), nicméně rozdíl nebyl statisticky významný.

**Klíčová slova:** pohybová aktivita, cvičení, trénink, omega-3, tělesná kompozice, seniorky, intervence

## **Abstract**

**Title:** Effect of exercise training and Omega-3 fatty acids on body composition of elderly women

**Objectives:** The aim of this work is to determine the effect of combined aerobic and dynamic strength activity and supplementation of omega-3 fatty acids on body composition in women of senior age over 65 years.

**Methods:** The intervention study included 53 women aged 65-80 years. The intervention lasted 4 months and before and after its onset, women underwent clinical examinations, anthropometry, bioimpedation examinations, AT biopsies, blood samples, DEXA and fitness testing.

The intensity of physical activity was 1 hour 3 times a week. Of this, 1 hour was devoted to aerobic activity - Nordic walking and the remaining 2 hours to strength training. The group was also randomly divided into an omega-3 fatty acid moiety and a placebo moiety.

**Results:** The average input and output values and changes in selected body composition indicators measured by INBODY show that exercise had a statistically significant positive effect on total weight, visceral fat and BMI in both groups. In contrast to the Calanus group, there was a statistically significant improvement in the control group also for proteins and total muscle mass. The additive positive effect of Calanem supplementation was not demonstrated for any variable. While some positive trend compared to placebo can be seen for visceral fat ( $r = 0.13$ ), however, the difference was not statistically significant.

**Keywords:** physical activity, exercise, training, Omega-3, body composition, elderly women, intervention

## Obsah

ABSTRAKT .....	5
ABSTRACT .....	6
<b><u>1 ÚVOD.....</u></b>	<b>11</b>
<b><u>2 TEORETICKÁ ČÁST .....</u></b>	<b>13</b>
2.1 STÁŘÍ A STÁRNUTÍ .....	13
2.1.1 ZVLÁŠTNOSTI STÁRNUTÍ .....	14
2.2 TĚLESNÉ SLOŽENÍ.....	16
2.2.1 ZÁKLADNÍ KOMPONENTY SLOŽENÍ TĚLA .....	17
2.3 ZMĚNY NĚKTERÝCH TĚLESNÝCH KOMPONENT V SOUVISLOSTI S VĚKEM .....	18
2.3.1 TĚLESNÝ TUK .....	18
2.3.2 TUKOPROSTÁ HMOTA.....	18
2.3.3 TĚLESNÁ VODA .....	18
2.4 METODY MĚŘENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ.....	19
2.4.1 BMI (BODY MASS INDEX).....	19
2.4.2 AGI (ABDOMINO-GLUTEÁLNÍ INDEX) A WHR (WAIST-HIP RATIO).....	20
2.4.3 KALIPERACE.....	20
2.4.4 RADIOGRAFIE .....	23
2.4.5 HYDRODENZITOMETRIE .....	23
2.4.6 ULTRAZVUK .....	24
2.4.7 BIOIMPEDANCE .....	24
2.4.8 DEXA .....	35
2.4.9 ULTRAZVUK .....	36
2.4.10 POČÍTAČOVÁ TOMOGRAFIE (CT) A NUKLEÁRNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE (NMR) ...	37
2.4.11 INFRAČERVENÁ INTERAKCE (NIRI – NEAR INFRARED INTERACTANCE).....	37
2.4.12 PLETYSMOGRAFIE .....	37
2.4.13 MĚŘENÍ CELKOVÉHO TĚLESNÉHO DRASLÍKU.....	38
2.4.14 KREATININOVÁ EXKRECE .....	38
2.5 MASTNÉ KYSELINY .....	39
2.5.1 OMEGA-3 POLYNEENASYCENÉ MASTNÉ KYSELINY .....	40
2.5.2 DOPORUČENÉ PŘÍJMY OMEGA-3 MASTNÝCH KYSELIN U SENIORŮ.....	42
2.6 POHYBOVÁ AKTIVITA SENIORŮ .....	43
2.6.1 ZATĚŽOVÁNÍ STARŠÍHO ORGANISMU.....	44

<b><u>3</u></b>	<b><u>CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY .....</u></b>	<b><u>47</u></b>
3.1	CÍL .....	47
3.2	ÚKOLY .....	47
3.3	HYPOTÉZY.....	48
<b><u>4</u></b>	<b><u>METODIKA PRÁCE .....</u></b>	<b><u>49</u></b>
4.1	ZKOUMANÝ SOUBOR.....	49
4.1.1	KRITÉRIA PRO VYŘAZENÍ ZE STUDIE .....	49
4.2	SOUHLAS ETICKÉ KOMISE.....	49
4.3	INTERVENCE .....	50
4.3.1	INTERVENČNÍ SKUPINA 1 (CVIČEBNÍ PROGRAM).....	50
4.3.2	INTERVENČNÍ SKUPINA 2 (CVIČEBNÍ PROGRAM + OMEGA-3) .....	50
4.4	VYŠETŘENÍ.....	51
4.5	SBĚR DAT.....	52
4.6	INFORMACE O ŽADATELI A ZAŘÍZENÍ .....	53
4.6.1	FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU A INSTITUT SPORTOVNÍHO LÉKAŘSTVÍ.....	53
4.7	FINANCOVÁNÍ .....	53
4.8	ANALÝZA DAT .....	54
<b><u>5</u></b>	<b><u>VÝSLEDKOVÁ ČÁST.....</u></b>	<b><u>55</u></b>
5.1	STATISTIKA SOUBORU .....	55
5.2	TĚLESNÉ SLOŽENÍ – INBODY .....	56
5.2.1	HMOTNOST .....	58
5.2.2	INTRACELULÁRNÍ TEKUTINA.....	59
5.2.3	EXTRACELULÁRNÍ TEKUTINA .....	59
5.2.4	BÍLKOVINY .....	60
5.2.5	MINERÁLY.....	60
5.2.6	KOSTERNÍ SVALOVÁ HMOTA.....	61
5.2.7	VISCERÁLNÍ TUK .....	62
5.2.8	BODY MASS INDEX .....	63
5.3	OBSAH TUKU V TĚLE .....	64
5.3.1	INBODY .....	64
5.3.2	TANITA.....	65
5.3.3	BODYSTAT.....	66



5.3.4	DEXA .....	67
5.3.5	KALIPERACE (10 KOŽNÍCH ŘAS).....	68
<b>5.4</b>	<b>OBSAH TUKOPROSTÉ HMOTY V TĚLE.....</b>	<b>69</b>
5.4.1	INBODY .....	69
5.4.2	TANITA .....	70
5.4.3	BODYSTAT.....	71
5.4.4	DEXA.....	72
<b>6</b>	<b><u>DISKUSE.....</u></b>	<b>73</b>
6.1	LIMITY STUDIE.....	75
6.2	VÝZNAM A AKTUÁLNOST PROJEKTU .....	75
<b>7</b>	<b><u>ZÁVĚR.....</u></b>	<b>77</b>
	<b><u>SEZNAM TABULEK.....</u></b>	<b>78</b>
	<b><u>SEZNAM GRAFŮ.....</u></b>	<b>79</b>
	<b><u>CITOVANÁ LITERATURA.....</u></b>	<b>80</b>
	<b><u>ELEKTRONICKÉ ZDROJE.....</u></b>	<b>88</b>
	<b><u>SEZNAM PŘÍLOH.....</u></b>	<b>I</b>

## Seznam použitých zkratk

ZKRATKA	ANGLICKY	ČESKY
AGI		abdomino-gluteální index
ATH		aktivní tělesná hmota
BCM	BODY CELL MASS	intracelulární buněčná hmota
BF	BODY FAT	tělesný tuk
BIA	BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS	bioelektrická impedance
BMI	BODY MASS INDEX	index tělesné hmotnosti
BMR	BASAL METABOLIC RATE	bazální metabolismus
CT	COMPUTER TOMOGRAPHY	počítačová tomografie
D	DERMA	hmotnost kůže
DEXA	DUAL ENERGY X-RAY ABSORBTIOMETRY	duální rentgenová absorpciometrie
ECM	EXTRACELLULAR MASS	extracelulární hmota
ECW	EXTRACELLULAR WATER	extracelulární tekutina
FFM	FAT FREE MASS	tukoprostá hmota
FM	FAT MASS	tuková hmota
HD	HYDRODENSITOMETRY	hydrodenzitometrie
ICM	INTRACELLULAR MASS	intracelulární hmota
ICW	INTRACELLULAR WATER	intracelulární tekutina
LBM	LEAN BODY MASS	beztuková tělesná hmota
M	MUSCULI	hmotnost podkožní tukové tkáně
MRI	MAGNETIC RESONANCE IMAGING	magnetická resonance
NIR	NEAR INFRARED INTERACTANCE	infračervená spektrometrie
NMR	NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE	nukleární magnetická resonance
O	OSSA	hmotnost skeletu
PA		POHYBOVÁ AKTIVITA
PUFA	POLYUNSATURATED FATTY ACIDS	nenasyčené mastné kyseliny
R	REZIDUA	hmotnost zbytku
SMM	SKELETAL MUSCLE MASS	kosterní svalová hmota
TBW	TOTAL BODY WATER	celková tělesná voda
TZ		TĚLESNÁ ZÁTĚŽ
UZ		ULTRAZVUK
VFA	VISCERAL FAT AREA	plocha viscerálního tuku
WHR	WAIST HIP RATIO	poměr pas/boky

# 1 ÚVOD

Stárnutí je přirozený proces, který je modulován různými faktory životního prostředí i vnitřními metabolickými procesy. Tento proces je provázen celou řadou změn tukové tkáně, jako je její progresivní nárůst především ve viscerální oblasti, změny lipidového spektra či ektopické ukládání tuku (ZAMBONI, 2014). Tyto změny jsou spojeny s různými poruchami například systémovým prozánětlivým procesem a vedou ke zvýšenému riziku metabolických onemocnění, jako je diabetes mellitus 2. typu (DM2), hyperlipoproteinemie a následná kardiovaskulární onemocnění (ZAMBONI, 2014). Zásahy do životního stylu, tj. zásahy do výživy kalorickou restrikcí či zvýšením pohybové aktivity, bylo prokázáno zlepšení kardiovaskulárního a metabolického stavu seniorů jakož i jejich kvality života (WILIAMS, 2009; ZAMBONI, 2014). Některé studie prokázaly, že intervence do životního stylu výrazně snížily výskyt DM2 v populaci se zvýšeným rizikem u obézních s poruchou glukózové tolerance (LINDSTROM, 2003). Intervence na základě pouhé kalorické restrikce, však zatím nepřinesly jednoznačné výsledky, pravděpodobně vzhledem k tomu, že redukce příjmu energie u obézních seniorů také nevyhnutelně vede ke ztrátě svalové hmoty. Pohybová aktivita je proto považována za optimální doplněk k omezení příjmu energie (LINDSTROM, 2003).

Intervence založené na základě cvičebních programů jsou primárně zaměřeny na zlepšení funkce svalů nebo kardiovaskulární zdatnosti seniorů a jejich účinky na necílové tkáně zůstávají z velké části neprozkoumané. Nicméně metabolická funkce svalové tkáně, včetně její citlivosti na inzulin, se zdá být úzce spojena s charakteristikami tukové tkáně, zejména s její schopností modulovat hladiny cirkulujících lipidů a vylučováním prozánětlivých cytokinů (SAMUEL, 2010). Je známo, že cvičební programy mohou zlepšit mitochondriální funkce a ovlivnit jejich biogenezi nejen v rámci svalových buněk, ale také v tukové tkáni (TREVELLIN, 2014), přičemž mitochondriální aktivita je nezbytná pro adipogenní proces lipogeneze v tukové tkáni (KAAMAN, 2007).

V předchozích studiích bylo prokázáno, že zhoršená adipogenní kapacita tukových buněk obézních žen může být normalizována při redukci hmotnosti kalorickou restrikcí (ROSSMEISLOVA, 2013). Lze předpokládat, že jedním z pozitivních účinků cvičebního programu na tukovou tkáň může být zvýšená kapacita preadipocytů rozlišujících a hromadících lipidy. Cvičení také může eliminovat vliv nefunkčních buněk, které blokují diferenciaci sousedních buněk prostřednictvím sekrece prozánětlivých cytokinů (BRAVO-SAN PEDRO, 2013). Zdá se však, že délka cvičebního programu, věk, pohlaví, genotyp subjektů to všechno může mít rozhodující vliv na celkový účinek cvičebního programu na tukovou tkáň (KAWANISHI, 2013).

Jedním z prvních, kdo přinesl poznatky podporující roli tukové tkáně a její endokrinní činnosti v metabolických reakcích na cvičební program byl Stanford et al v roce 2015, kteří přinesli první přímý důkaz, že pravidelná fyzická aktivita má vliv a účinky na podkožní tukovou tkáň, které přispívají k výhodné metabolické homeostáze (STANFORD, 2015).

Prozánětlivý fenotyp, metabolická výkonnost a množství tukové tkáně může být ovlivněna také zvýšeným příjmem několika vybraných přírodních látek. Jedny z těchto přirozených látek, jejichž suplementace byla navržena pro zlepšení funkce kosterních svalů, jsou omega-3 polynenasycené mastné kyseliny (Omega-3), včetně kyseliny eikosapentaenové (20: 5n-3, EPA) a dokosahexaenové (20: 6N-3, DHA) (FLACHS, 2009). Účinky u starších osob a zejména jejich možný synergický efekt ve spojení s cvičebním programem u žen nad 65 let však dosud nebyl zcela podrobně prozkoumán (FLACHS, 2011).

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Stáří a stárnutí

Gerontologie se jako vědní disciplína zabývá problematikou stárnutí a stáří v nejširším slova smyslu. Tvoří ji 3 vědní disciplíny: teoretická gerontologie vytváří teoretický základ pro praktickou aplikaci poznatků, klinická gerontologie tj. geriatricie se zabývá zvláštnostmi chorob ve stáří a jejich důsledky (zaměřuje se na prevenci, diagnostiku, terapii, rehabilitaci a ošetrovatelskou péči) a gerontologie sociální analyzuje vztahy starého člověka a společnosti (SOUČEK, 2011).

Stáří je označení pozdních fází ontogeneze, přirozeného průběhu života. Jde o projev a důsledek involučních změn funkčních i morfologických, probíhajících druhově specifickou rychlostí s výraznou interindividuální variabilitou a vedoucích k typickému obrazu označovanému jako stařecký fenotyp. Ten je modifikován vlivy prostředí, zdravotním stavem, životním stylem, vlivy sociálně ekonomickými a psychologickými včetně aspirace, sebehodnocení, adaptace a přijetí určité role. Současné pojetí členění stáří: 65 – 74 let mladí senioři, 75 – 84 let staří senioři a 85 let a více velmi staří senioři (KALVACH, 2004).

Obecně lze stárnutí charakterizovat jako postupný pokles fyzických a psychických sil a vzestup rizika onemocnění a smrti. Stárnutí a stáří je na konci přirozeného vývojového procesu každého individua. Nástup těchto změn nastává v ontogenezi jedince v různou dobu a pokračuje různou rychlostí. Ve věku nad 75 roků se nachází zlomový bod ontogeneze. Maximální možná délka života u člověk, dosažitelná v ideálním prostředí, by se mohla pohybovat kolem 110-120 let (SOUČEK, 2011).

Období stárnutí začíná zhruba od 65 let. Medicínské pokroky jsou však velmi významné a úroveň léčby různých, i velmi závažných onemocnění, se zvyšuje. O tom svědčí i zvyšující se průměrný věk úmrtí jedince. U žen je průměrná délka života v současné době více než 80 let a u mužů necelých 75 let. (KOZÁKOVÁ, 2014).

### **2.1.1 Zvláštnosti stárnutí**

Stárnutí je proces individuální, který probíhá u jednotlivých lidí rozdílně. Přesto existují obecné rysy, které stáří charakterizují. Tyto změny se týkají různých systémů:

#### **Adaptační schopnost**

Tato schopnost je ve stáří snížena. Proto starší lidé hůře a pomaleji reagují na veškeré změny vnějšího či vnitřního prostředí.

#### **Srdce a cévní systém**

Ve stáří dochází ke snížení elasticity cév a ke snížení průtoku krve prakticky všemi systémy.

#### **Nervový systém**

Ve stáří pravidelně přicházejí sensorické poruchy (zhoršení zraku, sluchu i chuti), omezena je také tzv. propriorecepce, tedy ta část vnímání, která umožňuje identifikovat průběh a stav hybnosti. To vše způsobuje i u zdravých seniorů některá omezení, která je třeba pokud možno kompenzovat pomůckami (např. opora při chůzi). Myšlení starších lidí může být pomalejší a může být přítomna tzv. benigní stařecká zapomnětlivost. To vše mohou být důsledky přirozené involuce centrálního nervového systému. Součástí normálního stáří však není demence, ta je vždy důsledkem onemocnění, které poškozuje mozkovou tkáň. Nejčastější příčinou demence je Alzheimerova choroba, zejména ve vysokém věku stoupá prevalence demencí vaskulárních. Dalším významným onemocněním je deprese, která je ve stáří častá (až 20 % seniorů) a probíhá často nepoznána, maskována různými somatickými příznaky. Deprese ve vyšším věku vede často k suicidii (sebevraždě). Proto je nutné v diferenciální diagnostice na toto onemocnění myslet. Deprese, na rozdíl od demence, je většinou dobře léčitelná.

#### **Smyslové poruchy**

Tyto poruchy patří i dle souhlasu odborných lékařských společností k obrazu normálního stáří. Známe tak pojmy „presbyacismus“ (doslova přeloženo stařecký sluch, rozumíme tím ovšem spíše nedoslýchavost vyššího věku), a presbyopie (stařecký zrak, kterým rozumíme poruchu vidění nablízko v důsledku horší akomodace, která je způsobena sníženou elasticitou oční čočky).

Sníženo je také čichově a chuťové vnímání, stejně tak jako vnímání polohy jednotlivých částí těla a pohybu těla (propriocepcce). S těmito změnami je třeba počítat a dle možností je kompenzovat: sluch sluchadly a různými zesilovači, zrak brýlemi, chuť a čich dostatečně výraznou stravou, zhoršenou propriocepcí, která ohrožuje seniory zejména možnostmi pádů, potom větší opatrností.

### **Vylučování**

Ve stáří je snížena funkce ledvin, a to jak jejich filtrační, tak koncentrační schopnost. To je jedním z důvodů, proč jsou staří lidé citlivější na změny vnitřního prostředí a proč mohou některé léky vyvolat výraznější vedlejší reakce.

### **Výživa**

Důležitým faktorem ve stáří je stav výživy. Zatímco lidé středního věku trpí často obezitou, staří (zejména velmi staří) lidé jsou ohroženi spíše podvýživou, a to z příčin sociálních (osamocenenost, chudoba, nepřiměřená spořivost atd.) a také v důsledku změněného zdravotního stavu – chronických vysilujících onemocnění, patologie či významné involuce zažívacího traktu.

### **Pohybový systém**

Ve stáří dochází k úbytku svalové hmoty a ke snížení kostní denzity (které ve vyšším věku často překročí hranici normy a vzniká osteoporóza). V důsledku toho jsou kosti lámavější, ochranná funkce svalového aparátu menší, a dochází k častějším zlomeninám. Za typické osteoporotické zlomeniny považujeme kompresivní zlomeniny obratlů, zlomeniny distálního předloktí a zlomení proximálního femuru (zejména tzv. krčku kyčelní kosti). Postava staršího člověka se mění v důsledku převahy flexorů nad extenzory.

(HOLMEROVÁ, 2003).

## 2.2 Tělesné složení

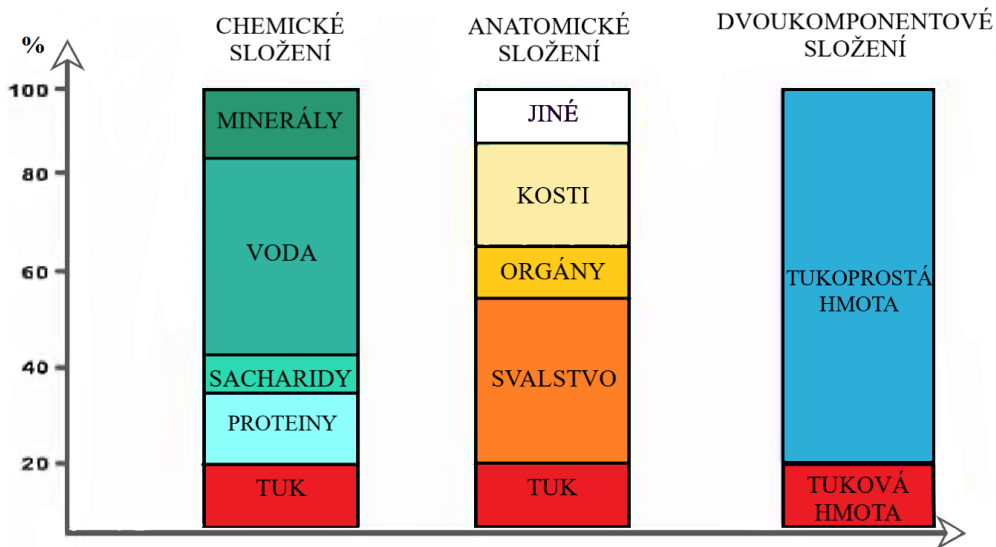
Tělesné složení informuje o frakcionaci tělesné hmotnosti. Poměr jednotlivých tělesných frakcí (složek) souvisí se zdravotně orientovanou tělesnou zdatností. Závidí na stavu výživy, realizované pohybové aktivity, zdravotním stavu, fázi ontogenetického vývoje apod., z čehož vyplývá jeho praktický význam. Tělesné složení je odhadováno na základě různých modelů a z nich se odvíjejících metod, které jsou úzce spjaty s provozními a finančními možnostmi pracoviště. Změny ve výživových stereotypech, změny zdravotního stavu nebo působení tělesné zátěže na lidský organizmus se projeví ze somatometrického hlediska hlavně změnami frakce, především úbytkem nebo nárůstem tukové a svalové frakce, resp. svalově-kosterní složky. Pravidelné sledování tělesného složení může být využito k monitorování efektivity pohybového zatížení, ke sledování vhodně či nevhodně zvolených tělesných cvičení při snaze o úpravu tělesné hmotnosti, ke stanovení úspěšnosti při změnách výživových stereotypů při úpravě optimální tělesné hmotnosti (PASTUCHA, 2014).

Problematika tělesného složení bývá v běžné praxi zúžena především na otázku množství tělesného tuku, se kterou se mnoho sportujících potýká (třebaže v průměru mají sportující významně méně tělesného tuku než běžná populace) a se kterou se lékaři u mnoha pacientů setkávají denně. U sportovců je tomu tak, že ve většině sportovních odvětví je pro vrcholný výkon vyžadován optimální specifický poměr množství tělesného tuku a tukuprosté tělesné hmoty. U pacientů provází větší množství tělesného tuku nejrůznější onemocnění a nezřídka bývá i jednou z jejich příčin. Proto je těmto otázkám v současné době vzhledem k časté „nadváze“ populace v některých vyspělých zemích věnována v odborném tisku značná pozornost. Cesty ke korekci tělesné hmotnosti jsou jen tři: léčebná (je-li příčinou onemocnění, nejčastěji endokrinologické), úprava výživového režimu (zejména racionalizace skladby a množství konzumované stravy) a zvýšení pohybové aktivity (úměrně věku, zdravotnímu stavu a fyzické zdatnosti). Méně náročné postupy, soustředěné především na určení tělesného tuku, přinášejí menší možnosti zjištění jednotlivých komponent tělesného složení. Náročnější postupy jsou přesnější a přinášejí více informací, které umožňují stanovení řady komponent tělesného složení, včetně stanovení množství buněčné hmoty, celkové tělesné vody (TBW), extra- a intracelulární tekutiny i jednotlivých minerálů. Úbytek TBW s věkem je u sportujících osob menší než u nespportujících, což má význam pro prodloužení optimální funkční zdatnosti (VILIKUS, 2004).



### 2.2.1 Základní komponenty složení těla

Za komponenty tělesného složení byly původně považovány dva základní modely – chemický a anatomický. V klinické a antropologické praxi je využíván celotělový model, který může být dvou-, tří- a čtyřkomponentový. Z praktického a klinického hlediska je dvoukomponentový model nejpoužívanější, rozlišujeme dvě základní komponenty – tuk (fat mass, FM) a tukoprostou hmotu (fat-free mass, FFM, dříve aktivní tělesná hmota – ATH, lean body mass). Chemické složení tukoprosté hmoty (FFM) je považováno za relativně konstantní s obsahem vody 72–74 % a obsahem draslíku 60–70 mmol/kg u mužů a 50–60 mmol/kg u žen. Densita FFM je 1,1 g/cm<sup>3</sup> při 37 °C. Tříkomponentový model rozlišuje v rámci tělesného složení tuk, vodu a sušinu (proteiny, minerály). V praxi byl zjednodušen na podíl tuku, svalstva a kostní tkáň. Čtyřkomponentový model specifikuje hmotnost jako tuk, extracelulární tekutinu, buněčnou hmotu a minerály (PASTUCHA, 2014; RIEGEROVÁ, 2006).



Obr 1. Model tělesného složení (WILMORE, 1995)

## **2.3 Změny některých tělesných komponent v souvislosti s věkem**

### **2.3.1 Tělesný tuk**

Do cca 50 let věku se absolutní zastoupení tělesného tuku plynule zvyšuje. Po nástupu menopauzy však můžeme u žen sledovat nápadný nárůst hodnot přibližně do 75 let. V následujícím období se pak tempo nárůstu zpomaluje, v některých případech můžeme sledovat i mírný pokles hodnot. U žen je nárůst tukové hmoty v dospělosti přibližně 0,41 kg za rok. U predikce nárůstu tělesného tuku je však nutné brát v potaz celkovou životosprávu (výživa, pohybová aktivita ad.) (KYLE, 2001).

### **2.3.2 Tukoprostá hmota**

Tukoprostá hmota je tvořena svalovou tkání, opěrnými a pojivovými tkáněmi a vnitřními orgány. Svalová tkáň je v těle zastoupena třemi základními typy: příčně pruhované, hladké a srdeční svalstvo. Nejmenší podíl kosterního svalstva mají novorozenci. S rostoucím věkem se podíl svalové tkáně zvyšuje. Největší nárůsty jsou pozorovány mezi 15. a 17. rokem u chlapců, u dívek kolem 13. roku. Po následné stabilizaci růstu v dospělosti dochází u mužů kolem 40. roku (u žen kolem 60. roku) k poklesu (RIEGEROVÁ, 2006). Po 70. roce můžeme v některých případech sledovat rozvoj sarkopenie, která vzniká v důsledku razantního poklesu kosterního svalstva (SCHUIT, 2006). U žen nalezneme nejvyšší hodnoty u věkové kategorie 45 až 54 let. V dalších obdobích dochází k pozvolnému poklesu hodnot (KYLE, 2001).

### **2.3.3 Tělesná voda**

V lidském těle je celková tělesná voda (TBW) rozdělena na intracelulární tekutinu (ICW), která tvoří cca 2/3 z TBW a tekutinu extracelulární (ECW), která znamená cca 1/3 z TBW (ROKYTA, 2016). Zastoupení tělesné vody se v průběhu dospělosti i stáří neustále snižuje. Ve srovnání s mladšími jedinci mají senioři na každý kilogram tělesné hmotnosti asi o 20 ml méně extracelulární tekutiny (KALVACH, 2004).

Můžeme také sledovat rozdíly v distribuci celkové tělesné vody. U žen tvoří TBW pouze 53 % tělesné hmotnosti – intracelulární tekutina představuje 32 % a extracelulární tekutina 21 % tělesné hmotnosti. Nižší obsah vody je způsoben tukovou tkání, které je i u neobézních žen vyšší než u mužů (ROKYTA, 2016).

## 2.4 Metody měření tělesného složení

Při konstrukci metod pro odhad tělesného složení vycházíme ze dvou základních modelů – anatomického a chemického. Postupně s rozvojem nových technologií dochází k rozšíření spektra o další modely, s větším množstvím sledovaných parametrů (PASTUCHA, 2014).

Pro měření tělesného složení se metody dělí na takzvané metody přímé, které umožňují pouze pitva a o jejich přesnosti nelze pochybovat, a metody nepřímé, které naopak mohou být zatíženy řadou chyb. Nepřímé metody lze ještě rozdělit na standardní laboratorní metody (např. DEXA) a metody terénní (např. antropometrie, bioimpedance). Vybrané laboratorní metody jsou současně metodami referenčními. Pro terénní praxi jsou náročné z hlediska technického vybavení, nároků na odbornost obsluhy, organizační možnosti (probandi se musí dostavit do laboratoře, u některých přístrojů vyšetření trvá delší dobu) a cenové relace přístrojové techniky (BUNC, 2001; PAŘÍZKOVÁ, 1998; PASTUCHA, 2014).

Ke stanovení tělesného složení byla vypracována řada metod. Často používaným kvantitativním ukazatelem složení těla je index tělesné hmotnosti (body mass index – BMI). Dále se ke stanovení obezity využívá měření distribuce tukové tkáně v těle a jejího obsahu, které zahrnuje antropometrické metody (obvod pasu, poměr pas/boky a poměr pas/výška), měření tloušťky kožních řas kaliperem nebo metody bioelektrické impedance (BIA). Pro přesnější stanovení množství a distribuce tukové tkáně jsou používány další metody, jako například hydrodenzitometrie (vážení pod vodou), pletyzmografie, izotopová diluce, duální rentgenová absorpciometrie (DEXA), počítačová tomografie (CT) nebo nukleární magnetická rezonance (NMR). Tyto metody nacházejí uplatnění především ve výzkumu obezity (ROKYTA, 2015).

### 2.4.1 BMI (body mass index)

Nejběžnějším kritériem klasifikace obezity je index tělesné hmotnosti (BMI – Body Mass Index), který je použitelný pro obě pohlaví i pro různý věk. BMI se počítá jako podíl tělesné hmotnosti v kilogramech a druhé mocniny tělesné výšky v metrech (POIRIER, 2006).

BMI umožňuje určit podváhu (BMI < 18,5), normální váhu (BMI 18,5–24,9), nadváhu (BMI 25,0–29,9) a obezitu (BMI > 30,0). Tyto hodnoty BMI jsou vyjádřené pro dospělé. Pro stanovení obezity u dětí a mládeže byly sestaveny percentilové grafy BMI podle věku, hmotnosti a výšky. V klinické praxi se BMI používá jako základní ukazatel složení těla. U lidí s větším podílem svalové hmoty nebo úbytkem hmoty kompenzovaným nárůstem tuku (kachektická obezita) a také při retenci tekutin (např. edémy a ascites) může být výsledek nepřesný (ROKYTA, 2015).

#### **2.4.2 AGI (abdomino-gluteální index) a WHR (waist-hip ratio)**

Výpočet **AGI** je dán vzorcem obvod břicha (cm)/obvod hýždí (cm) x 100. Obvod hýždí je jednoznačný, v místě největšího obvodu. Jinak je tomu s měřením obvodu břicha. Původní práce jej stanovily klasicky v rovině bodu omphalion. Pozdější studie doporučují měření uprostřed vzdálenosti horního okraje krusty a dolního okraje žeber. Tento postup je označován jako **WHR** (poměr obvodu pasu a boků) (VILIKUS, 2004).

#### **2.4.3 Kaliperace**

V běžné praxi tělovýchovně – lékařské i klinické jsou ke zjištění množství tělesného tuku využívány metody antropometrické, tzv. metoda „kaliperová“ odvozena od speciálního měřicího nástroje „kaliperu“, kterým se za konstantního tlaku měří tloušťka kožních řas na těle. Rovněž kaliperů je několik typů. U nás se užívá především kaliper typu podle Besta. Má styčné plochy o průměru 3 mm a tenzi 200 g; je tak zajištěn konstantní přítlak na měřenou kožní řasu. Někde je možné setkat se s kaliperem klešťového tvaru odvozeného od Harpendenského. Také měření kožních řas má několik doporučených postupů. Nejčastěji používanou metodou je měření kožních řas na deseti místech na těle (VILIKUS, 2004).



Obr 2. Kaliper Harpenden  
([harpenden-skinfold.com/measurements.html](http://harpenden-skinfold.com/measurements.html))



Obr 3. Kaliper Best  
([www.anthropometricinstruments.com](http://www.anthropometricinstruments.com))

S pojmem tělesného složení se poprvé setkáváme u Matiegky (1921), který se pokusil o kvantifikaci tělesných komponent na základě zevních (antropometrických) rozměrů těla. Navrhl rozdělení hmotnosti těla na 4 složky: O – hmotnost skeletu (ossa), D – hmotnost kůže (derma) a hmotnost podkožní tukové tkáně, M – hmotnost kosterního svalstva (musculi) a R – hmotnost zbytku (rezidua). Od dob Matiegkových byla vypracována řada dalších postupů pro odhad tělesného složení z antropometrických rozměrů, a to u více než 100 populačních skupin, s použitím kosterních rozměrů, obvodových měr a nejčastěji z tloušťky kožních řas měřených různými typy kaliperů. U nás je nejčastěji používanou metodou odhad tělesného složení deseti kožních řas podle Pařízkové (1962) a u ní se používá právě Bestův kaliper. Stále se význačně uplatňuje i původní Matiegkova metoda, či její modifikace podle Drinkwatera (1980).

Odhad podílu tuku na základě tloušťky kožních řas (podkožního tuku) je založen na dvou základních předpokladech:

- tloušťka podkožní tukové tkáně je v konstantním poměru k celkovému množství tuku
- místa, zvolená pro přeměření tloušťky kožních řas, reprezentují průměrnou tloušťku podkožní tukové vrstvy

Tyto předpoklady však nebyly jednoznačně potvrzeny. Není ani dostatek informací o distribuci tuku v různých populačních skupinách. Víme však, že distribuce tuku se mění s věkem, v závislosti na pohlaví, pohybové aktivitě a dalších faktorech. Z toho důvodu je validita regresních rovnic pro odhad tělesného složení z kožních řas omezena jen na populační skupinu, ze které byly rovnice odvozeny.

V literatuře se setkáváme asi se stovkou regresních rovnic (pro děti, dospělé, seniory, etnické skupiny, pro obézní, anorektiky nebo sportovce).

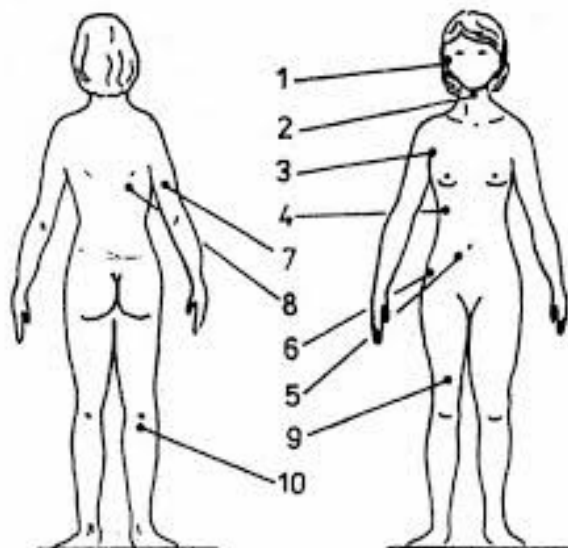
Další omezení této metody vyplývají z techniky měření. Pro příslušné regresní rovnice je nutno specifikovat nejen populační skupinu, typ použitého kaliperu (Lange, Best, Harpenden, Somet apod.), místo měření, ale i srovnávací metodu, z jejichž výsledků byly rovnice vypočítány (denzimetrie, hydrometrie, ad.). Vlastní měření vyžaduje velmi pečlivý zácvk. I u zkušených antropologů může chyba měření dosáhnout až 5%, přičemž se pravděpodobnost chyby zvyšuje u extrémně vysokých či nízkých hodnot. Vzhledem k intervalu spolehlivosti regresních rovnic může chyba odhadu dosáhnout až 9–10 % (RIEGEROVÁ, 2006).

Antropometrické měření je nejjednodušší metodou k stanovení obsahu tukové tkáně. Hodnocení je možno provádět součtem tloušťky řas nebo regresivními rovnicemi na výpočet procenta tuku z daného součtu řas. Výhodou metody je její nízká cena, vyšetření nezatěžuje probanda, je rychlé, použitelné v terénních podmínkách a v rozsáhlejších studiích (HAINER, 2004).

Tab 1. Anatomická lokalizace řas měřených metodou podle Pařízkové

	<b>řasa</b>	<b>lokalizace</b>
1	tvář	horizontálně ve výši poloviny tragu pod spánkem
2	krk	vertikální řasa pod jazykou
3	hrudník I	šikmá řasa ve výši přední axilární řasy
4	hrudník II	šikmá řasa ve výši 10. žebra ve střední axilární čáře
5	břicho	šikmá řasa v polovině vzdálenosti mezi spina iliaca superior anteroir a pupíkem
6	suprailická	šikmá řasa nad crista iliaca ve střední axilární čáře
7	triceps	vertikální řasa uprostřed paže nad tricepsem
8	subskapulární	šikmá řasa pod dolním úhlem lopatky
9	vertikální řasa nad patellou	vertikální řasa nad patellou
10	lýtko	vertikální řasa pod podkolenní jamkou

(HAINER, 2004)



Obr 4. Body pro měření kožních řas kaliperem (VILIKUS, 2004)

#### 2.4.4 Radiografie

Radiografické metody jsou pro sledovaný účel považovány za nejpřesnější. Umožňují i proměření průřezu svalstva a kosti ve snímkaném místě. Jejich využití je však omezeno především z důvodu nežádoucí rentgenové expozice. Nejmodernější metodou je počítačová tomografie (CT – computer tomography). Její cena a obtížná dostupnost však neslibuje širší využití (PASTUCHA, 2014).

#### 2.4.5 Hydrodenzitometrie

Hydrodenzitometrie (vážení pod vodou) patří k nejstarším metodám, ale stále zůstává referenční metodou. Princip metody vychází z Archimédova zákona, a na základě hmotnosti těla pod vodou a na vzduchu lze spočítat denzitu (specifickou hmotnost) lidského těla a z ní obsah tuku. Denzita lidského těla se blíží denzitě vody ( $1 \text{ g/cm}^3$ ) a mění se s obsahem tuku. Přitom denzita lidského těla je kolem  $0,9007 \text{ g/cm}^3$ , denzita beztukové tělesné hmoty (LBM) kolem  $1,100 \text{ g/cm}^3$ . Výpočet obsahu tuku se provádí podle různých rovnic, jejichž výsledky se mohou významně lišit, u nás se nejčastěji používá rovnice podle Brožka, Keyse nebo Siriho. K výpočtu je nutné stanovit reziduální volum plicní, obsah střevního plynu je zadáván jako standardní číslo. Hydrodenzitometrie měří 2 kompartmenty (tuk a beztukovou tělesnou hmotu) (HAINER, 2004).

#### 2.4.6 Ultrazvuk

Ultrazvukové přístroje, komerčně vyráběné, využívají přeměny elektrické energie ve vysokofrekvenční ultrazvukovou energii, vysílanou v krátkých impulzech. Ultrazvukové vlny se odrážejí na hranicích mezi tkáněmi, které se liší svými akustickými vlastnostmi. Část ultrazvukové energie se v přijímači sondy přeměňuje na elektrickou energii. Toto echo je vizualizováno na osciloskopu.

#### 2.4.7 Bioimpedance

Nejčastěji používanou metodou je v současnosti bioelektrická impedance (BIA). BIA je metodou neinvazivní, relativně levnou, terénní a bezpečnou a v poslední době rozšířenou po celém světě. Lze ji využít pro stanovení konkrétních parametrů u zdravých jedinců i u pacientů s různými klinickými diagnózami. Metoda stanoví obsah tuku v těle výpočtem po změření odporu těla (rezistence). Odpor těla se mění podle obsahu tuku a vody. Svalová tkáň je výrazně více hydratovaná než tuk a této vlastnosti se využívá při výpočtu obsahu tuku. Tukoprostá hmota, obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů, je tedy dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor. Aplikace konstantního střídavého proudu nízké intenzity vyvolává impedanci vůči šíření proudu, závislou na frekvenci, délce vodiče, jeho konfiguraci a průřezu. Hodnota odporu tkáně, tzv. bioelektrická impedance je nepřímo úměrná objemu tkáně, kterou elektrický proud prochází. Výpočet procenta tuku vychází ze změřené resistance, změřené nebo zadané váhy (dle typu přístroje), zadané výšky a pohlaví. Některé přístroje mají zadány i rovnice pro měření obsahu tukové tkáně i u dětí (MÜLLEROVÁ, 2009; THOMAS, 1992).

Přístroje používané při měření bioelektrické impedance se liší podle umístění elektrod na těle. Původně byly používány přístroje se čtyřmi elektrodami, dvěma elektrodami umístěných na horní končetině v oblasti zápěstí a nad ním a dvěma elektrodami na stejnostranné dolní končetině nad hlezenním kloubem (např. Bodystat). Jednodušší pro pacienta a pro personál, který přístroj obsluhuje, je umístění elektrod na nášlapných ploškách váhy a/nebo dvou madlech. Elektrody na končetinách mohou být rozděleny na dvě části. Přesnější výsledky než přístroje s nedělenými nášlapnými ploškami váhy udávají přístroje s bipedální (nebo současně bipedální a bimanuální) lokalizací elektrod (např. InBody, Tanita, Omron ad.), (MÜLLEROVÁ, 2009).



Řada segmentových zařízení s vícefrekvenčním měřením je navržena pro použití ve svislé poloze a poloze na zádech, což rozšiřuje použití na osoby, které nejsou v posteli nebo jsou v posteli. Rovnice bioimpedance vyvinuté v konkrétní populaci lze zobecnit pouze na podobné populace a při aplikaci na populaci odlišnou od ověřovacího vzorku je nutná opatrnost, aby se předešlo nesprávné klasifikaci důležitých podmínek, jako je sarkopenie a kachexie (GONZALES, 2017). 8-elektrodový segmentový systém umožňuje nezávislé hodnocení končetin a trupu a uvádí se, že je přesnější než tradiční měření zápěstí a kotníku (BOSY-WESTPHAL, 2017).

Nevýhodou metody je ovlivnění výsledku hydratací organismu, u osob s otoky nebo v rámci retence tekutin v průběhu menstruačního cyklu – pak je množství tuku v těle podhodnoceno, naopak dehydratace vede k falešnému vyššímu obsahu tuku (např. při zahájení redukčního režimu s přísnou nízkoenergetickou dietou). V posledních letech některé čtyřelektrodové bipedální a bimanuální přístroje softwarové vybavení umožňující stanovení obsahu tuku v oblasti trupu, tzv. centrálního tuku. K měření centrálního tuku metodou BIA je používán přístroj s elektrodami uloženými přímo na břicho (Viscan). Výsledky měření centrálního tuku pomocí BIA korelují s měřením obsahu centrálního tuku pomocí duální rentgenové absorpciometrie (MÜLLEROVÁ, 2009).

V bioimpedančních měřeních je lidské tělo rozděleno na pět nehomogenních segmentů, dva na horní končetiny, dva na dolní končetiny a jeden na trup. V pěti komorovém modulu se lidské tělo skládá z tukové tkáně a beztukové tkáně, do které spadají kostní minerály a hmota tělních buněk (BCM), které obsahují protein a celkovou tělesnou vodu, která se skládá z extracelulární tekutiny (ECW) a intracelulární tekutiny (ICW) (KYLE, 2004).

Jako u každé metody i zde je nutné dodržet standardizaci podmínek měření. Neměly by být měřeny pacientky v raných stádiích těhotenství, osoby s implantáty (kardiostimulátor, kyčelní protéza). Zkreslené hodnoty mohou být v období premenstruace a menstruace, podobně jako u pacientů užívajících léky, které ovlivňují vodní režim organismu.

Získání objektivních hodnot a přesných výsledků je dáno dodržováním konkrétních standartních podmínek:

- nejíst a nepít po dobu 4–5 hodin před testem,
- necvičit po dobu 12 hodin před testem,
- nepožívat alkohol po dobu 24 hodin před testem,
- vyprázdnit močový měchýř před testem, organismus opětovně zavodnit neslazenou tekutinou,
- měření provádět při pokojové teplotě,
- přesně umístit elektrody (záleží také na použitém typu elektrod).

(PASTUCHA, 2014)

### **InBody 720**

Impedance je síla působící opačně k toku elektrického proudu. Tělesný tuk, ve srovnání s tělesnou vodou, jako krev, má mnohem menší vodivost a za těchto okolností má poměrně vysokou impedanci. Proto mezi dvěma lidmi se stejnou váhou ta osoba, která má větší podíl tělesného tuku, vykáže vyšší impedanci. Konkrétně, InBody720, která používá segmentální metodu BIA, může měřit impedanci každé končetiny a těla samostatně.

Všechny analyzátory složení těla používající BIA včetně InBody 720 měří objem celkové tělesné vody. Protože ta je nepřímo úměrná k impedanci, usnadňuje to získat objem celkové vody v těle z výsledně získané impedance. A co více, FFM (tělesná tkáň bez tuku) ve zdravém těle vždy obsahuje 73,3% vody, což je konstanta pro každou rasu a pohlaví. Proto s hodnotou objemu celkové tělesné vody a po odečtení vypočítaného objemu FFM od váhy, získáme také objem tělesného tuku. Analýza složení těla InBody 720 je založena na modelu 4 kompartmentů. Tento čtyř komponentní model předpokládá, že tělo se skládá ze čtyř různých prvků: celková tělesná voda, bílkoviny, minerály a tělesný tuk. Celková tělesná voda je rozdělena na intracelulární a extracelulární tekutinu ([www.inbody.cz](http://www.inbody.cz)).

InBody 720 měří, vypočítává:

- Intracelulární tekutinu (ICW), extracelulární tekutinu (ECW), celkovou tělesnou vodu (TBW)

InBody720 měří TBW pomocí vícefrekvenční techniky, která rozděluje TBW na ICW a ECW. Intracelulární tekutina označuje množství vody v buněčné membráně. Extracelulární tekutina označuje celkové množství vody v intersticiální tekutině a krvi. V případě zdravého těla by měl být podíl ICW a ECW udržován na přibližném poměru 3: 2.

- Bílkoviny

Protein je pevná organická sloučenina, která se skládá z dusíku a nachází se v tělních buňkách. Protein je také hlavní složkou, společně s tělesnou vodou, tzv. měkké beztukové hmoty (Soft Lean Mass). Protein přímo souvisí s intracelulární tekutinou. Proto nedostatek bílkovin naznačuje nedostatek intracelulární tekutiny, což zase znamená špatnou výživu buněk.

- Minerály

Minerály hrají klíčovou roli v lidském těle. InBody 720 analyzuje dvě velké skupiny minerálů: kostní minerály a nekostní minerály. Kostní minerály se nachází v kostech, zatímco nekostní minerály jsou ty, které se nacházejí ve všech ostatních částech těla. Kostní minerály tvoří asi 80% těla z celkový tělních minerálů. Množství minerálů v těle úzce souvisí svalovou hmotou. Jak se zvyšuje svalová hmota, tak se zvyšuje i hmotnost kostí.

- Tělesný tuk v kg i % (BFM)

Hmota tělesného tuku se vztahuje na celkové množství lipidů, které lze extrahovat z tuku a dalších buněk. Hmotnost tělesného tuku nelze přímo odhadnout pomocí metody BIA, ale spíše se vypočítá pomocí beztukové hmoty (FFM) z tělesné hmotnosti.

$BFM = \text{tělesná hmotnost} - FFM$

Tělesný tuk je uložen pod kůží, stejně mezi břichem a svaly. Když je naměřena hmotnost tělesného tuku mimo standardní rozsah, je diagnostikována obezita.

- Beztuková hmota (Fat Free Mass)

Hmota bez tuku sestává z hmotnosti zbývajících složek, tedy po vyloučení hmotnosti tělesného tuku.

- Tělesnou hmotnost

Hmotnost se skládá z tělesné vody, bílkovin, minerálů a tělesných tuků. Tedy tělesná hmotnost je součet těchto čtyř složek těla.

- Kosterní svalovou hmotu

Existují tři typy svalové tkáně-srdeční svalovina, hladká svalovina a svalovina kosterní. Nicméně, je to množství kosterního svalu, které se během cvičení nejvíce mění. InBody 720 jako takový zobrazuje hmotu kosterního svalstva odděleně od měkké beztukové hmoty (SLM). Srovnáním procenta hmotnosti tělesného tuku a hmoty kosterního svalstva zjištěného v každé složce těla lze odhadnout úroveň obezity aktivnějším a přesnějším způsobem.

- Ideální tělesnou sílu

Díky své schopnosti provádět segmentové analýzy je InBody 720 schopen poskytovat podrobné informace o částech těla. Analýza štíhlosti (Lean Balance) proto umožní zkoušenému zjistit, zda je jeho svalový vývoj vyvážený, stejně jako sílu jeho svalů. Neustálé odhady a sledování LB umožňují prozkoumat, změny svalového tónu v každé části těla, ke kterým dochází v důsledku cvičení. Standardní rozsah grafů LB je 80-120% pro pravou a levou ruku a 90-110% pro trup a pravé a levé nohy.

- Otok (edema)

InBody720 měří tělesnou vodu tím, že ji dělí na intracelulární a extracelulární tekutinu a pro výpočet rovnováhy tělesné vody používá index otoků. Index otoků zobrazuje celkový a segmentový edém. Zdravý člověk má stálý podíl intracelulární a extracelulární tekutiny. Edém je objeven, když se z nějakého důvodu zvyšuje extracelulární tekutina. Standardní rozsah indexu otoků (ECW / TBW) je mezi 0,36 a 0,40. Jakékoli skóre nad 0,40 lze považovat za příklad otoku.

Edema = extracelulární tekutina / celková tělesná voda

- Viscerální tukovou oblast

Oblast viscerálního tuku je na InBody 720 definována jako plocha průřezu viscerálního tuku v břiše. Když oblast viscerálního tuku přesahuje více než 100 cm<sup>2</sup>, nazývá se to abdominální obezita. Tuk, v závislosti na jeho umístění, lze rozdělit na viscerální, podkožní a mezisvalový tuk. Stínovaná část grafu ukazuje plochu průřezu podle věkové skupiny, což ukazuje, že hodnota průřezové plochy viscerálního tuku je úměrná věku. Děti mají obvykle tendenci vykazovat menší průřezovou plochu viscerálního tuku než dospělí. Důvodem je to, že většina podkožního tuku dětí je dobře vyvinutá. Na druhé straně, jak lidé stárnou, zdá se, že vyvinou relativně větší průřezovou oblast viscerálního tuku. To může být způsobeno fyziologickou funkcí, která při stárnutí osoby vytváří tuk ve viscerálních orgánech. InBody720 vypočítává viscerální tukovou oblast pomocí regresní analýzy, která zahrnuje srovnávací analýzu s CT. Hodnota impedance osoby se měří pomocí InBody720, zatímco plocha průřezu jejího viscerálního tuku se odhaduje pomocí metody CT. Srovnání výše uvedených dvou hodnot má za následek vytvoření regresní rovnice.

- Nutriční hodnocení

Stav výživy těla je hodnocen na základě bílkovin, minerálních složek a složek. Přestože bílkoviny, minerály a tuk představují nutriční prvky, které člověk získává z potravy, jsou během analýzy složení těla považovány za součást složení těla.

- Nerovnováhu horní i dolní části těla

Díky segmentálním analýzám umožňuje InBody720 odhadnout měkkou svalovou hmotu v každé části těla.

- Kontrola hmotnosti

Program kontrola hmotnosti se používá k vyhodnocení hmotnosti osoby, kosterních svalů a tělesného tuku.

- Diagnózu obezity

Diagnóza obezity vyhodnocuje na základě výsledků z BMI, WHR a PBF, zda se testovaný nachází v normálních hodnotách, nadhodnotách nebo podhodnotách.

- Tělesnou rovnováhu a sílu

Funkce vyvážení těla ověřuje, že svaly v každé části těla jsou vyvíjeny vyváženým způsobem, zkoumají rozdíly mezi svaly v obou pažích, aby se vyhodnotila rovnováha horní části těla, a v obou nohou se vyhodnotí dolní rovnováha těla.

- Zdravotní diagnostiku

Ke zhodnocení zdraví jsou využity údaje tělesné vody, otoku a životního stylu. Důvod, proč je tato část pojmenována „životní styl“, je ten, že viscerální tuk a nižší tělesná svalová hmota úzce souvisí s aspekty životního stylu lidí, jako je jejich strava, jejich cvičební režim a to, zda pijí nebo kouří. Tato funkce pomáhá vyšetřujícím zlepšovat nebo měnit jejich životní styl v souladu s výsledky jejich hodnocení.

- Stupeň obezity

Stupeň obezity je poměr současné hmotnosti ke standardní hmotnosti a slouží také jako index, pomocí kterého lze vyhodnotit úroveň obezity vyšetřovaných podle jejich výšky a hmotnosti. Stupeň obezity je index používaný k hodnocení obezity vyšetřovaných pouze na základě jejich celkové hmotnosti, a jako takové nezohledňuje složení těla jednotlivce. Proto nepomáhá při hodnocení skutečného stavu vyšetřované obezity a umožňuje pouze vědět, zda má nadváhu. 90-110% je považováno za standardní, zatímco 110-120% je považováno za nadváhu a 120% nebo více za obezitu.

- BMI a WHR

- Buněčnou hmotu

Buněčná hmota je součet buněk obsahujících intracelulární vodu a protein, které se nacházejí v orgánech, a slouží jako jeden standard pro hodnocení stavu zkoumané výživy. Hlavní úlohou tohoto indexu je zhodnotit stav výživy nezdravého pacienta. Normální stav výživy osob lze hodnotit pomocí BMI nebo FFM. Nicméně u pacientů se objevila extracelulární voda, která se abnormálně zvyšuje v důsledku ascitů nebo otoků. V takových případech nelze hmotnost volného tuku přesně odhadnout kvůli zvýšené vodě. Proto je tělesná buněčná hmota spolehlivějším způsobem hodnocení úrovně výživy než beztuková hmota.

- Obsah minerálních látek v kostech

Tento index se používá k měření minerálů v kostech.

- Skóre zdatnosti

Fitness skóre je index, který pomáhá zkušenému snadno pochopit stav jeho tělesné skladby. Když se zkoumá složení těla, zlepšuje se jeho skóre, jak se jeho tělesná tuková hmota přibližuje standardnímu rozsahu a zvyšuje se svalová hmota.

- Bazální metabolismus

Bazální metabolismus (BMR) označuje minimální energii potřebnou k udržení životních funkcí v klidu. InBody 720 umožňuje odhadovat BMR pomocí známé regresní rovnice založené na FFM. Je známo, že FFM úzce souvisí s BMR. BMR se obvykle počítá pomocí nepřímé kalorimetrie, která zase využívá kyslíku.

([www.inbody.cz/dokumenty/results-sheet-interpretation-and-application.pdf](http://www.inbody.cz/dokumenty/results-sheet-interpretation-and-application.pdf))



Obr 5. InBody 720 ([www.inbody.com](http://www.inbody.com))

## Tanita

Všechny Váhy Tanita používají pokročilou technologii Bio-impedanční analýzy. Měření spočívá v postavení se na váhu, kdy chodidla budou na 4 kovových elektrodách a velmi nízký, elektrický signál bude odeslán skrz chodidla a břišní dutinu. Signál prochází velmi rychle přes vodní prostředí ve svalech, ale naráží na odpor při setkání s tukovou tkání, která obsahuje vody daleko méně. Tento druh odporu se nazývá „impedance“, která naměří hodnoty těla pomocí vědeckých validovaných rovnic. Rozsáhlý výzkum ukázal, že přesná měření u složení těla jednotlivce může být určeno pouze díky algoritmu složeného z mnoha faktorů dohromady. Jako je pohlaví, věk, výška, hmotnost a dat impedance.

Přístroj Tanita měří:

- Procento tělesného tuku

Procento tělesného tuku je množství tělesného tuku v poměru k tělesné hmotnosti. Snižování nadměrného množství tělesného tuku ukázalo snížení rizika určitých nemocí jako je vysoký krevní tlak, onemocnění srdce, cukrovka a rakovina.

- Procento celkové tělesné vody

Procento celkové tělesné vody je celkové množství tekutiny v lidském těle vyjádřené jako procentní podíl její celkové hmotnosti. Voda hraje zásadní roli v mnoha tělesných procesech a nachází se v každé buňce, tkáni a orgánu.

- Hodnota útrobního viscerálního tuku

Tato funkce ukazuje množství útrobního tuku v těle. Útrobní tuk je v břišní dutině, který obklopuje vnitřní orgány. Zjištění množství útrobního tuku a jeho případné snížení a udržování na přípustné hodnotě pomáhá snížit riziko nemocí.

- Bazální metabolická spotřeba (BMR)

BMR je množství kalorií potřebných pro výměnu základních látek. Vaše BMR je hodnota minimální energie, kterou vaše tělo potřebuje v klidném stavu, aby mohlo normálně fungovat (dýchání, oběh krve, nervový systém, atd.).



- Denní příjem kalorií (DCI)

DCI = BMR x úroveň aktivity. Hodnota vykazuje doporučené množství denního kalorického příjmu pro zachování shodné celkové tělesné hmotnosti pro následujících 24 hodin. DCI je součet kalorií bazálního metabolismu a kalorické spotřeby při běžné denní aktivitě a termogenezi (trávení, absorpce,...).

- Metabolický věk

Spočívá na základě BMR a určí, jakému zhruba věku náleží metabolismus. Jestliže je metabolický věk vyšší než věk skutečný, znamená to, že je nutné zlepšit bazální metabolismus.

- Svalová hmota

Tato funkce ukazuje hmotnost svalů v těle. Svalová hmota obsahuje kosterní svalstvo, hladkou svalovinu (jako např. srdeční a zažívací svaly) a vodu obsaženou v těchto svalech. Svaly hrají důležitou roli, protože fungují jako motor ve spotřebě energie.

- Kostní hmota

Tato funkce ukazuje hmotnost kostí v těle (úroveň kostních minerálů, množství kalcia a ostatních minerálů). Výzkumy prokázaly, že cvičení a tím rozvoj kostní tkáně pomáhá k vývinu silnějších a zdravějších kostí.

- Kvalita svalů

Indikuje kvalitu svalů, která se mění v závislosti na faktorech, jako jsou věk a kondice. Svaly mladých lidí a lidí, kteří pravidelně cvičí, jsou většinou v dobrém stavu. Stav svalů se zhoršuje s přibývajícím věkem, nebo pokud pravidelně necvičíme.

- Skóre svalů

Je indikátor množství svalové hmoty, je hodnocena u lidí starších 18 let. Čím vyšší skóre, tím více svalové hmoty.

([www.tanita.eu](http://www.tanita.eu))

## **Bodystat**

Bodystat stejně jako některé další přístroje používá multifrekvenční měření, při kterém lze odlišit ještě podrobněji některé složky, jako ECW, ICW a TBW. Proto je jeho použití vhodné i ke sledování stavu hydratace a nutričního stavu pacienta (MÜLLEROVÁ, 2009).

Bodystat 1500 Touch Screen má dva hlavní vodivé kabely, z nichž každý má dvě krokosvorky, červenou a černou. Tyto svorky jsou připojeny k exponovaným úchytkám na elektrodách. Pomocí dotykového displeje se zadají povinné údaje klienta, jako jsou pohlaví, věk, výška a hmotnost a volitelné údaje jako je úroveň fyzické aktivity nebo míry pasu a boků. Při měření prochází bezpečný signál (slabý elektrický proud) vygenerovaný bateriemi celým tělem a měří bioelektrickou impedanci při pevné frekvenci 50 kHz.

Přístroj vypočítává:

- Procento tělesného tuku a hmotnost tuku
- Procento aktivní tělesné hmoty a hmotnost aktivní tělesné hmoty
- Procento celkové vody v těle a hmotnost celkové tělesné vody
- Rozsahy normohodnot pro každou z výše uvedených kategorií, včetně ideální tělesné hmotnosti na základě skutečné analýzy složení těla subjektu
- Hmotnost bezvodé aktivní tělesné hmoty (ATH)
- Hodnota bazálního metabolismu (BMR)
- BMR/hmotnost těla
- Průměrná denní kalorická potřeba
- Body Mass Index, plus normální rozsah
- Poměr pas/boky (WHR)

([www.bodystat.cz](http://www.bodystat.cz))



Obr 6. Bodystat ([www.bodystat.cz](http://www.bodystat.cz))

### 2.4.8 DEXA

DEXA vychází z odlišné absorpce rtg záření o dvou odlišných energiích různými tkáněmi. Výsledkem je stanovení obsahu tukové hmoty, beztukové tělesné tkáně a kostní denzity. DEXA rovněž umožňuje stanovit rozložení tukové tkáně softwarovým programem hodnotícím obsah tuku v oblasti břicha a v oblasti boků (MÜLLEROVÁ, 2009).

Je označována jako tzv. „zlatý standart“. Chyba odhadu podílu tuku je v rozmezí 3-4 %, je využívána pro stanovení denzity kostní tkáně. Podíl tukové složky je dopočítán na základě regresních rovnic. Obsah minerálů v kosti se kvantifikuje pomocí parametrů BMC (Bone Mineral Content) v  $\text{g}/\text{cm}^2$  a plošné hustoty minerálů BMD (Bone Mineral Density) v  $(\text{g}/\text{cm}^2)$ . Tyto parametry se porovnávají se soubory referenčních (normálových) hodnot a stanovují se relativní indexy (poměry) zvané skóre: T-skóre srovnává naměřené hodnoty BMD s průměrnou hodnotou BMD mladých zdravých dospělých téhož pohlaví; Z-skóre srovnává BMD s průměrnými normálovými hodnotami pro daný věk a pohlaví. Někdy se též sleduje rovnoměrnost denzity kosti BHI (Bone Homogeneity Index). Významná interindividuální variace je v denzitě tukuprosté hmoty, např. u žen, starších jedinců a u dětí je nižší než  $1,1 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Je tedy nutné pracovat se specifickými regresními rovnicemi (PASTUCHA, 2014). Metoda DEXA má své limity, je relativně drahá, mimo samotný přístroj také proto, že je u ní požadavek provést test pomocí certifikovaného radiologického technika (nebo lékaře).

Zahrnuje nízkou dávku záření, proto není vhodná pro těhotné ženy, a přestože je bezpečná, tak rodiče ji pro použití u malých dětí ne vždy akceptují. Dále má své limity u vyšetření pacientů s vyšší mírou obezity a u vysokých jedinců (PASTUCHA, 2014; BONE, 2017). Přesto je DEXA považována za referenční metodu v klinickém výzkumu neinvazivním hodnocení tělesného složení (ANDREOLI, 2009).



Obr 7. DEXA scan (www.celspac.cz)

#### 2.4.9 Ultrazvuk

Ultrazvukové přístroje, komerčně vyráběné, využívají přeměny elektrické energie ve vysokofrekvenční ultrazvukovou energii, vysílanou v krátkých impulzech. Ultrazvukové vlny se odrážejí na hranicích mezi tkáněmi, které se liší svými akustickými vlastnostmi. Část ultrazvukové energie se v přijímači sondy přeměňuje na elektrickou energii. Toto echo je vizualizováno na osciloskopu (RIEGEROVÁ, 2006).

#### **2.4.10 Počítačová tomografie (CT) a nukleární magnetická rezonance (NMR)**

CT a NMR představují další zobrazovací metody, jejichž využití je vzhledem k vysoké ceně a nedostatečné dostupnosti vyšetření malé, zároveň je využití také omezeno z důvodu nežádoucí rentgenové expozice. Radiografické metody jsou pro sledovaný účel považovány za nejpřesnější. Umožňují i poměření průřezu svalstva a kosti ve snímkaném místě. Celotělové měření na atomové úrovni metodou stanovením přirozeného izotopu draslíku v těle nebo celotělovou uhlíkovou metodou může být rovněž využito k měření obsahu tukové tkáně (HAINER, 2004; PASTUCHA, 2014).

#### **2.4.11 Infračervená interakce (NIRI – Near Infrared Interactance)**

Tato metoda je založena na absorpci a odrazu světla s použitím vlnových délek v oblasti infračerveného světla. Měřená optická denzita odrážené radiace je ovlivňována specifickými absorpčními vlastnostmi zkoumané tkáně. Tato metoda je v dobré shodě s hydrometrií (PASTUCHA, 2014).

#### **2.4.12 Pletysmografie**

Pletysmografie je založena na principu stanovení objemu těla v hermeticky uzavřeném prostoru vyplněném vzduchem, měří se malé změny tlaku vzduchu, vypočte se objem těla odečtem od objemu vzduchu v prázdné místnosti. Výsledkem je denzita těla. Tato metoda se pro dobrou toleranci a menší nutnost přesné spolupráce často užívá u dětí (HAINER, 2004).



Obr 8. Pletysmografie – Bod Pod ([www.ftvs.cuni.cz](http://www.ftvs.cuni.cz))

#### **2.4.13 Měření celkového tělesného draslíku**

Draslík se v lidském těle vyskytuje přirozeně, především intracelulárně. Na základě znalostí zastoupení tohoto izotopu je možno stanovit celkový obsah kalia, který je ekvivalentní netukové tělesné hmotnosti. Využívá se pro stanovení intracelulární buněčné hmoty (Body Cell Mass – BCM), která je součástí FFM. Měříme vysílané gama paprsky při aplikaci radioaktivního izotopu  $^{40}\text{K}$ . Obsah draslíku v FFM je konstatní – 2,66 g/kg FFM u mužů a 2,5 g/kg FFM u žen (PASTUCHA, 2014).

#### **2.4.14 Kreatininová exkrece**

Představuje zhodnocení statické zásoby bílkovin, hodnotíme hladinu sérového kreatininu vyloučeného v moči. Množství kreatininu vyloučeného do moči je proporcionální k celkovému množství kreatinu, který je uložen ve svalové tkáni, a tudíž je toto množství zároveň úměrné i celkovému množství svalové tkáně. Jeden gram kreatininu vyloučeného za 24 hodin odpovídá přítomnosti asi 17–20 kg svalové tkáně. Množství je závislé na věku, pohlaví, pohybové aktivitě apod. (PASTUCHA, 2014).

## 2.5 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny dělíme podle délky řetězce. Rozeznáváme krátké mastné kyseliny (short chain fatty acids – SCFA), kam řadíme acetát, propionát a butyrát (kyselinu octovou, propionovou a máselnou), se 2–4 uhlíky. Mastné kyseliny se středním řetězcem (medium chain fatty acids – MCFA) mají 8–12 uhlíků. Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem (long chain fatty acids – LCFA) mají 14–22 uhlíků. LCFA pak mohou být nasycené nebo nenasycené.

Saturované tuky, obvykle živočišného původu, mají na glycerol navázány nasycené (saturované) mastné kyseliny. Termín nasycené znamená, že všechny vazby mezi uhlíky v mastné kyselině jsou jednoduché. Nasycené mastné kyseliny jsou například kyselina laurová, myristová, palmitová, stearová.

Nenasycené jsou ty, které obsahují zbytky (acyly) nenasycených mastných kyselin. Nenasycené mastné kyseliny nemají všechny vazby mezi uhlíky jednoduché, nasycené, naopak obsahují dvojně (nenasycené) vazby. Dvojných vazeb může být jedna a více. Obsahuje-li mastná kyselina jednu dvojnou vazbu, nazýváme ji mononenasyčená (mononesaturovaná, monoenová) mastná kyselina. Příkladem je kyselina olejová obsažená hojně v olivovém oleji. Má jednu dvojnou vazbu uprostřed molekuly, v poloze omega-9. Označení omega počítá uhlíky od opačného konce molekuly, než je skupina –COOH. Ostatní mastné kyseliny s dvojnými vazbami jich mají obvykle více a pro zjednodušení je nazýváme souhrnně polynenasycené (polynesaturované, polyenové) mastné kyseliny.

Často je též užívána zkratka PUFA z anglického „polyunsaturated fatty acids“. Polynenasycené mastné kyseliny se ještě rozdělují podle toho, jaká je poloha poslední dvojně vazby, na omega-3 PUFA a omega-6 PUFA. Omega-3 PUFA získáváme z mořských ryb (sleď, makrela, losos, tuňák, sardinka apod.). Jsou obsaženy také v řepkovém oleji a lněném semínku. Řadíme sem například kyselinu  $\alpha$ -linolenovou, eikosapentaenovou (EPA) a dokosahexaenovou. Omega-6 PUFA jsou původu rostlinného, jedná se o „klasické“ rostlinné oleje. Představitelem je kyselina linolová, která se v organismu konvertuje na kyselinu arachidonovou (GROFOVÁ, 2007).

### 2.5.1 Omega-3 polynenasycené mastné kyseliny

Omega-3 mastné kyseliny patří mezi polynenasycené mastné kyseliny s velmi dlouhým řetězcem. Základní (a esenciální) omega-3 mastnou kyselinou je kyselina alfa-linolenová (ALA), která se vyskytuje v potravinách rostlinného původu (vlašské ořechy, sója, řepka a jejich oleje). Produktem metabolismu je například kyselina arachidonová, jejíž další metabolity (eikosainoidy) mají v organismu řadu důležitých funkcí. ALA je prekurzorem dalších omega-3 mastných kyselin s ještě delším řetězcem – kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (DHA), na něž je bohaté zejména rybí maso resp. rybí tuk (losos, makrela, pstruh). Odhaduje se, že EPA a DHA jsou v rybím oleji zastoupeny v poměru 2:3. Vzhledem k tomu, že méně než 5 % ALA je v organismu přeměněno na EPA a DHA, je příjem posledních dvou jmenovaných v potravě rovněž velmi důležitý. Základně tedy můžeme rozlišit omega-3 mastné kyseliny na rostlinné (ALA) a rybí (EPA a DHA), (MOUREK, 2009).

Bylo zjištěno, že omega-3 a omega-6 mastné kyseliny hrají důležitou roli v lidském zdraví a nemoci. Obě jsou považovány za esenciální mastné kyseliny, protože nejsou endogenně syntetizovány a musí být získány ze stravy. Omega-6 mastné kyseliny s dlouhým řetězcem zahrnují kyseliny linolové, gama-linolenové a arachidonové. Omega-3 mastné kyseliny zahrnují kyselinu alfa-linolenovou s dlouhým řetězcem (ALA), kyselinu eikosapentaenovou (EPA) a kyselinu dokosahexaenovou (DHA) (NETTLETON, 2012).

Omega-3 polynenasycené mastné kyseliny jsou v současné době uznávány jako potencionálně pozitivní pro optimální funkci kardiovaskulárního systému u dospělých (cca od 16-17 let). Kvůli zvyšujícímu se riziku zhoršujícího se zdraví kardiovaskulárního systému a mozku s věkem, je důležité zjistit, zda je zdravé stárnutí spojeno se změnami v plasmě mastných kyselin, v obsahu kyselin nebo reakce na její doplnění (WHELAN, 2008).

Je stále více zřejmé, že PUFA s dlouhým řetězcem z rodiny n-3 se zdá být neuroprotektivní a může tak mít jedinečné vlastnosti v ovlivňování neurobiologie (BAZAN, 2006). Příjem z n-3 PUFA je také spojena s potenciálními přínosy v dalších chorobách spojených s věkem, včetně revmatoidní artritidy, deprese a makulární degenerace. Ve skutečnosti se v několika studiích zjistilo, že v plazmě a červených krvinkách obsah kyseliny eikosapentaenové (EPA) a kyseliny dokosahexaenové (DHA) výrazně vzrostl až v sedmé dekádě života (CAPRARI, 1999; SANDS, 2005).



Polynenasycené mastné kyseliny mají antiaterogenní, antitrombotický a antiarytmický efekt a dále snižují hladinu triglyceridů a non HDL cholesterolu. Antiaterogenní efekt je možno vysvětlit redukcí zánětlivých cytokinů a růstových faktorů a dále pozitivním ovlivněním vazodilatace cév. Omega-3 PUFA mírně zvyšují hladinu LDL cholesterolu a snižují krevní tlak (KRAML, 2008).

Výsledky studií provedených u pacientů s rakovinou, u lidí s revmatoidní artritidou a u lidí s tréninkem na odolnost naznačují, že n – 3 PUFA odvozené z rybího oleje mohou stimulovat růst svalů a zvyšovat sílu (MURPHY, 2011; RODACKI, 2012).

Tab 2. Srovnání účinků EPA a DHA (SCHACKY VON, 2003)

	<b>zvýšení/snížení</b>	<b>EPA</b>	<b>DHA</b>
TRIGLYCERIDY	↓	++	++
HDL	↑	-	+
LDL	↓	-	+
TK	↓	+/-	+
TF	↓	-	+
AGREGABILITA TROMBOCYTŮ	↓	+	++
AKTIVACE TROMBOCYTŮ	↓	+	-
FIBRINOLÝZA	↑	-	-
GLYKEMIE	↑	+	+/-
ZÁNĚTLIVÉ ODPOVĚDI	↓	-	+/-
OXIDAČNÍ STRES	↓	+	+

Podle současných znalostí by ideální poměr omega-3 PUFA: omega-6 PUFA by byl 1:2 až 1:4. Takovýto poměr lze nalézt u stravy grónských Eskymáků (Inuité), kteří trpí podstatně nižší mortalitou na kardiovaskulární choroby (7–11 %) a nízký výskyt zánětlivých autoimunitních onemocnění i přes vysoký energetický příjem a značnou konzumaci tuků. V USA i Evropě, Českou republiku nevyjímaje, se nyní tento poměr omega 3 PUFA: omega 6 PUFA pohybuje podle některých zdrojů okolo 1:20–30, optimističtější zprávy udávají poměr 1:15–17. Úmrtnost na kardiovaskulární choroby je vysoká (45–50 %). Předpokládá se, že zpětné vrácení poměru k 1:4 by snížilo relativní mortalitu na kardiovaskulární choroby o 60 % a také významně ovlivnilo alergické i autoimunitní poruchy (astma bronchiale, revmatoidní arthritida), některá psychiatrická onemocnění a nádory (kolorektální karcinom, karcinom prsu a prostaty), (GROFOVÁ, 2010).

### **2.5.2 Doporučené příjmy omega-3 mastných kyselin u seniorů**

V několika studiích bylo zjištěno, že obsah kyseliny eikosapentaenové (EPA) a kyseliny dokosahexaenové (DHA) výrazně vzrostl u lidí v sedmé dekádě života (CAPRARI, 1999; SANDS, 2005). Obvykle je vyšší stav omega-3 mastných kyselin u starších osob způsoben vyšším příjmem ryb či mořských živočichů, ale může být i důsledkem změn v metabolismu omega-3 kyselin souvisejícím se stárnutím. Tyto poznatky však nejsou univerzální, protože jiné studie zjistili, že příjem polynenasycených mastných kyselin klesá s věkem a většina starších lidí jich přijímá méně než je doporučené množství. Na rozdíl od dětství, kde jsou potřebné ke zdravému vývoji mozkové tkáně, tak ve stáří má jejich příjem vliv na ochranu a udržení zdraví (GARRY, 1992).

Neexistuje však žádná stanovená hranice, od kterého věku by měl být příjem omega-3 kyselin navýšen. V některých studiích se hovoří o věku 65 let a v některých je již skloňován věk 50 let. Dále samozřejmě záleží na celkovém zdravotním stavu, chemii krve, kognitivních funkcích či vykonávaných pravidelných fyzických aktivitách.

Mezinárodně je dnes doporučován příjem 1g EPA i DHA na den jako doplněk vhodný k prevenci fatálních i nefatálních kardio a cerebrovaskulárních onemocnění (DE BACKER, 2003).

## 2.6 Pohybová aktivita seniorů

Stárnutí je spojeno se změnami tělesného složení a snížením metabolické rychlosti, což může vést ke zvýšení tělesné hmotnosti u starších osob, ale také ke snížení fyzické aktivity (CHAU, 2008). V důsledku toho fyzická aktivita klesá s věkem a je nejnižší mezi staršími 80 let (MCGUIRE, 2006). Několik Meta analýz ukázalo, že programy fyzické aktivity jsou účinné pro úbytek hmotnosti u dospělých s nadváhou nebo obezitou, zvláště když jsou kombinovány s dietou (GOURLAN, 2011; SHAW, 2006). Méně studií se však zabývalo dopadem fyzické aktivity na váhu u starších osob (DEFAY, 2001; MUMMERY, 2007; SUNDQUIST, 2004).

Jedinci s nadváhou či obezitou, kteří jsou aktivní a fit, mají nižší úmrtnost a morbiditu než jejich neaktivní podobně hmotnostní protějšky, kteří inklinují k sedavému chování (HAWKINS, 2009). Mezi padesáti a šedesáti lety věku je nevhodnější aktivitou chůze jako nejzákladnější forma pohybu, zvláště pro ty, kteří s cvičením teprve začínají. Chůze může být různé intenzity, u zdatnějších kombinovaná s joggingem. Hodí se i plavání, aqua aerobic, turistika, pro ty, kteří ovládají techniku, i jízda na kole a lyžařská turistika. Je možné hrát i golf, který neklade velké nároky na oběhový systém, metabolismus ani psychickou složku a přitom vede k dostatečnému výdeji energie. Každodenním doplňkem má být 10 – 15 minut speciální gymnastiky ke zlepšení statiky a dynamiky páteře a upravení svalových dysbalancí. Stejně aktivity je možno doporučit i po 60. roce věku, vždy po komplexním vyšetření. Rovněž se doplňují denním cvičením na udržení dobré funkce kloubů, páteře a svalstva, které jsou jednak uvolňující, jednak tonizující (VILIKUS, 2004).

Ve stáří zlepšují pohybové aktivity kvalitu života (ne pouze aktivity denního života) a mohou pomoci při udržení nezávislosti – soběstačnosti (KALVACH, 2004; CRESS, 2005; TAYLOR, 2008). Někteří autoři mají ten názor, že především pokles rozsahu PA je prvotní příčinou, která současně ovlivňuje i vlastní průběh stárnutí. Dokazují to na reakci svalové tkáně, na které lze dobře demonstrovat dlouhodobé adaptační změny. Při snížení PA rychleji klesá síla, snižuje se počet svalových vláken, tím se zmenšuje objem svalů. Objevují se i další regresní změny v celém pohybovém systému včetně kostí. Existuje však řada zkoumání, která ukazují, že při dlouhodobém udržení určitého stupně pravidelné PA se toto negativní působení věku zpomaluje (WESTERTERP, 2001).

Z různých odhadů a dotazníkových průzkumů vyplývá, že jen asi 13 % mužů a o něco málo žen provádí ve věku mezi 60 a 70 lety pravidelnou PA v doporučené intenzitě (WESTERTERP, 2001).

Informace širší veřejnosti o možném kladném působení PA i ve vyšším věku jsou velmi omezené. Obecně se věří spíše tomu, že tomuto věkovému období svědčí odpočinek, čímž se míní nečinnost, a převládá mínění, že intenzivnější pohyb může pro seniory znamenat určité riziko.

Každý senior potřebuje přiměřený stupeň TZ z několika důvodů:

- umožňuje zvládnání každodenní pohybové zátěže bez obtíží a únavy,
- vytváří energetickou rezervu pro příjemné pohybově náročnější občasné aktivity a zvyšuje odolnost vůči tělesné námaze, což je potřebné v kalamitních situacích, sem patří i některé zdravotnické zásahy,
- přispívá ke zvyšování svalové síly, s níž roste osobní bezpečnost a klesá riziko pádů,
- snižuje rizika různých onemocnění,
- zvyšuje možnosti společenského uplatnění a udržuje psychickou rovnováhu.

(MÁČEK, 2011)

### **2.6.1 Zatěžování staršího organismu**

Seniorské cvičební programy v základu potřebují aerobní cvičení, která podporují fyzickou výdrž, imunitní systém a srdeční výkon (LEE, 2013).

Při sestavování cvičebního programu pro seniory je nutné, má-li být účinek pohybu příznivý a zřetelný, respektovat věková specifika stárnoucího organismu, zdravotní stav, faktory motivace, dosaženou úroveň pohybových dovedností i zdatnost účastníků. Pohyb by měl navozovat uvolnění, psychickou pohodu a zároveň radost a spontánní prožitek (ŠTILEC, 2004).

Má-li pohybová činnost účinným způsobem přispívat ke zdravému způsobu života, musí jít o činnost pravidelnou, dlouhodobou a musí se dodržovat správné zásady v následujících oblastech:

- celkové množství pohybových aktivit.
- úsilí, s jakým je činnost prováděna,
- výběr činností k udržení nebo rozvoji základních pohybových schopností,
- psychické uspokojení, prožitkovost,
- rozložení PA v průběhu dne, týdne.

(ŠTILEC, 2004)

### **Rozcvičení u seniorů**

Jeho význam pro starší osoby je větší než pro mladší, protože snížená elasticita a zvýšená tuhost některých složek hybného ústrojí zvyšuje, zvláště při náhlých prudkých pohybech, nebezpečí úrazu. Jeho smyslem je připravit jak pohybové ústrojí, tak i oběh na očekávanou zátěž a tím omezit riziko úrazů a oběhových příhod (MÁČEK, 2011).

### **Intenzita cvičení**

Většina autorů se shoduje na úrovni vhodné intenzity pro PA starších osob, kterou nazývá „moderate“. Ovšem někdo pokládá za střední intenzitu 50 % a jiní 60–80 %  $VO_2$  max. Existují ale pozorování, že určitá, byť méně výrazná zlepšení mohou nastat již při nižší intenzitě i pod 50 %. Výhodou této nižší intenzity je snížení rizika i nastupující únavy. Většinou se tato úroveň používá na začátku pohybových programů. Cvičení se tím stává atraktivnější a účast je vyšší.

Nejvhodnější a prakticky nejpřístupnější klasifikace intenzity je podle úrovně SF. Její střední hodnota odpovídá 55–70 % maximální hodnoty. Při předpisu PA lze použít i testování subjektivních pocitů podle Borgovy stupnice (MÁČEK, 2011).

### **Délka a frekvence cvičení**

Senioři by měli provádět týdně alespoň 150 minut aerobní fyzické aktivity se střední intenzitou (např. 30 minut 5x týdně) nebo alespoň 75 minut aerobní fyzické aktivity s vyšší intenzitou nebo ekvivalentní kombinaci aktivity se střední a vyšší intenzitou. Prováděná aerobní aktivita by měla trvat nejméně 10 minut v jedné jednotce. Pro další přínosy pro zdraví by senioři měli zvýšit svou středně intenzivní aerobní fyzickou aktivitu na 300 minut týdně nebo se zapojit do 150 minut intenzivní aerobní fyzické aktivity. Činnosti na posílení svalů zahrnující velké svalové skupiny by měly být prováděny 2 nebo více dní v týdnu ([www.who.int](http://www.who.int)).

### **Forma a druh cvičení**

Nejjednodušší, nejpřístupnější i nejméně riziková forma PA pro starší osoby je prostá chůze. Chůzi lze snadno spojit s dalšími běžnými aktivitami všedního dne. Její efektivnost lze kontrolovat pomocí jednoduchých přístrojů, krokoměřů. Jednoduché je i zvýšení intenzity zrychlením nebo objem prodloužením absolvovaného úseku (MAZZEO, 2001).

Jízda na kole, nebo domácím ergometru, cvičení ve vodě či plavání jsou vhodné i u těch, kteří trpí určitým omezením, jako jsou poruchy rovnováhy či svalová oslabení. Další aktivity jako tenis, golf apod. vyžadují již předchozí zkušenosti. Mezi vhodné aerobní aktivity patří: aerobic, tanec, jogging. Do aktivit na posílení svalů můžeme zařadit kalanetiku, pilates, jógu, tai či a různá cvičení s pomůckami (overball, gymball, theraband, TRX apod.). Důležité jsou také cvičení na zlepšení rovnováhy a flexibility (MÁČEK, 2011; ELSAWY, 2010).

## **3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY**

### **3.1 Cíl**

Cílem práce je zjistit, jaký má vliv kombinovaná aerobní a dynamická silová aktivita a současná suplementace omega-3 mastnými kyselinami na tělesnou kompozici a vybrané funkční ukazatele u žen seniorského věku nad 65 let.

Práce byla realizována v rámci projektu EXODYA, který si kladl za cíl poskytnout důkaz o pozitivních účincích pohybových aktivit na metabolický stav u senierek se sedavým životním stylem. Kromě toho projekt zkoumal příznivý potenciál kombinace začlenění pohybových aktivit při současném podávání omega-3 polynenasycených mastných kyselin. Tvůrci projektu EXODYA si kladli za cíl přinést důkazy o možnostech vedoucích ke zmírnění metabolických poruch souvisejících s věkem spojených a s dysfunkcí tukové tkáně u starších žen. Zdůvodnění pro použití pohybové aktivity a suplementace omega-3 polynenasycených mastných kyselin na zmírnění metabolických poruch souvisejících s věkem vycházelo z vyhodnocení účinků navrhovaných intervencí na dysfunkci tukové tkáně a metabolické změny např. lipogenní kapacity, re-esterifikace a lipolýzy v tukové tkáni.

### **3.2 Úkoly**

- Nábor a fenotypizace dobrovolníků a jejich randomizovaný výběr pro 4 měsíční intervenci.
- Provést klinické vyšetření (včetně metabolického stavu těla, kardiopulmonální a kondiční síly) u trénovaných (aktivních) a netrénovaných (pasivních) subjektů (srovnávací průřezová studie).
- Provádět po dobu 4 měsíců pohybovou intervenci a pohybovou intervenci společně se suplementací omega-3 polynenasycených mastných kyselin ve skupinách pasivních subjektů a sledovat změny výše uvedených klinických charakteristik.
- Porovnat efekt intervence (pohybový program + Omega-3) na vybraných funkčních ukazatelích tělesné kompozice.

### **3.3 Hypotézy**

Vlivem intervence dojde ke statisticky významnému zvýšení aktivní tělesné hmoty.

V porovnání se skupinou placebo dojde k významnějším zvýšení aktivní tělesné hmoty při suplementaci omega-3 nenasycených mastných kyselin.

Vlivem intervence dojde ke statisticky významnému snížení tukové hmoty.

V porovnání se skupinou placebo dojde k významnějším snížení tukové hmoty při suplementaci omega-3 nenasycených mastných kyselin.

Vlivem intervence dojde ke statisticky významnému snížení celkové plochy viscerálního tuku měřeného bioimpedační metodou.

V porovnání se skupinou placebo dojde k významnějším snížení celkové plochy viscerálního tuku měřeného bioimpedační metodou při suplementaci omega-3 nenasycených mastných kyselin.

Vlivem intervence dojde ke statisticky významnému zlepšení distribuce tělesné vody.

V porovnání se skupinou placebo dojde k významnějším zlepšení distribuce tělesné vody při suplementaci omega-3 nenasycených mastných kyselin.



## **4 METODIKA PRÁCE**

### **4.1 Zkoumaný soubor**

Do studie bylo ve dvou vlnách zahrnuto celkem 51 neaktivních žen ve věku 65-80 let; BMI v rozmezí 25 až 30 kg/m<sup>2</sup>. Neaktivní znamená, že nevykonávaly pravidelnou pohybovou aktivitu. Tyto ženy byly náhodně rozděleny do dvou intervenčních skupin. První skupina absolvovala cvičební program trvající 4 měsíce, druhá skupina absolvovala totožný cvičební program a zároveň suplementovala omega-3 nenasycené mastné kyseliny.

#### **4.1.1 Kritéria pro vyřazení ze studie**

Diagnostikování rakoviny, DM, jaterní a renální onemocnění, neléčená hyper- nebo hypotyreóza, dlouhodobé užívání protizánětlivých léků (steroidní i nesteroidní anti-revmatika, analgetika ovlivňující cyclooxygenázu (max. 100 mg anopyrinu denně), steroidy a omega 3 doplňky stravy.

Pacienti užívající léky na snížení hladiny cholesterolu a krevního tlaku (což představuje 70-90% starší populace) budou zahrnuti do studie s cílem zajistit použitelnost výsledků do běžné populace seniorů.

### **4.2 Souhlas etické komise**

Studie se uskutečnila se souhlasem etické komise 3. Lékařské fakulty UK. Všechny subjekty podepsaly informovaného souhlasu.

## **4.3 Intervence**

### **4.3.1 Intervenční skupina 1 (cvičební program)**

V intervenční skupině 1 byly subjekty zařazeny do cvičebního programu, který se skládal z kombinovaného aerobního a silového tréninku 3x týdně po dobu 4 měsíců, a který byl pod dohledem fyzioterapeuta se zkušenostmi se cvičením seniorů.

Kombinace těchto dvou typů tréninku vede ke zlepšení neuromuskulární a kardiovaskulární. Silový trénink byl prováděn ve střední intenzitě (13-14) Borgovy škály (BORG, 1998) po dobu cca 60 minut a skládal se z 10 minut zahřátí a následného 40 minutového kruhového tréninku a zakončen byl relaxačními a protahovacími cvičeními v délce cca 10 min. Počet opakování byl 2-3 sady cvičení o 8-10 cvicích v délce 45-60 sekund s intervalem odpočinku mezi jednotlivými cvičeními 20 sekund. Základem cvičení byl trénink funkční síly s využitím jejich váhy, doplněný o použití pomůcek jako bosu, gymballů, therabandů, overballů, stepů a TRX. Součástí byl i trénink rovnováhy.

Vytrvalostní (aerobní) trénink se pohyboval na středně vysoké intenzitě (tj., 60 až 85% TF max, určené na základě počátečního zátěžového testu) ve formě souvislého a intervalového tréninku skládajícího se z cca 10 minut pomalejšího tempa, 40 minut ve středně vysoké intenzitě a dalších 10 minut v pomalejším uklidňujícím tempu. Zároveň bylo zařazeno i několik (4-6) kratších úseků (1-2 min) na úrovni vyšší intenzity. TF byla kontrolována pomocí sporttesteru (InSPORTline Diverz, Seven Sport), ale i palpační metodou. Subjekty byly dále důkladně poučeny o efektivní domácí bázi cvičení a upozorněny na nutnost cvičení v 5 dnech v týdnu. Subjekty byly seznámeny se cvičením během vzdělávacího pobytu (1 týden) na začátku zásahu. Nebyl žádný zásah do dietního režimu a subjekty byly poučeny, aby prováděly jejich obvyklé stravovací návyky.

### **4.3.2 Intervenční skupina 2 (cvičební program + Omega-3)**

V intervenční skupině 2 byly subjekty zapsány do stejného cvičebního programu a kromě toho užívaly 5 kapslí doplňku CALANUS denně. Dávka Omega-3 v kapslích Calanus byla 125 mg kyseliny eikosapentaenové (EPA) a 105 mg kyseliny dokosahexaenové (DHA) za den. Subjekty byly poučeny, aby doplněk Omega-3 užívali po větším jídle s obsahem lipidů, aby zajistily jejich účinné absorpce (a také, aby se zabránilo oxidaci Omega-3 jako zdroje energie).

## 4.4 Vyšetření

Vyšetření se provádělo před a po intervenci. Konkrétně pak ve třech vyšetřovacích dnech a při vzdělávacím pobytu.

A. Klinické vyšetření, rutinní fyzikální vyšetření, antropometrie, bioimpedanční vyšetření, fitness testování – FTVS a Institut sportovního lékařství

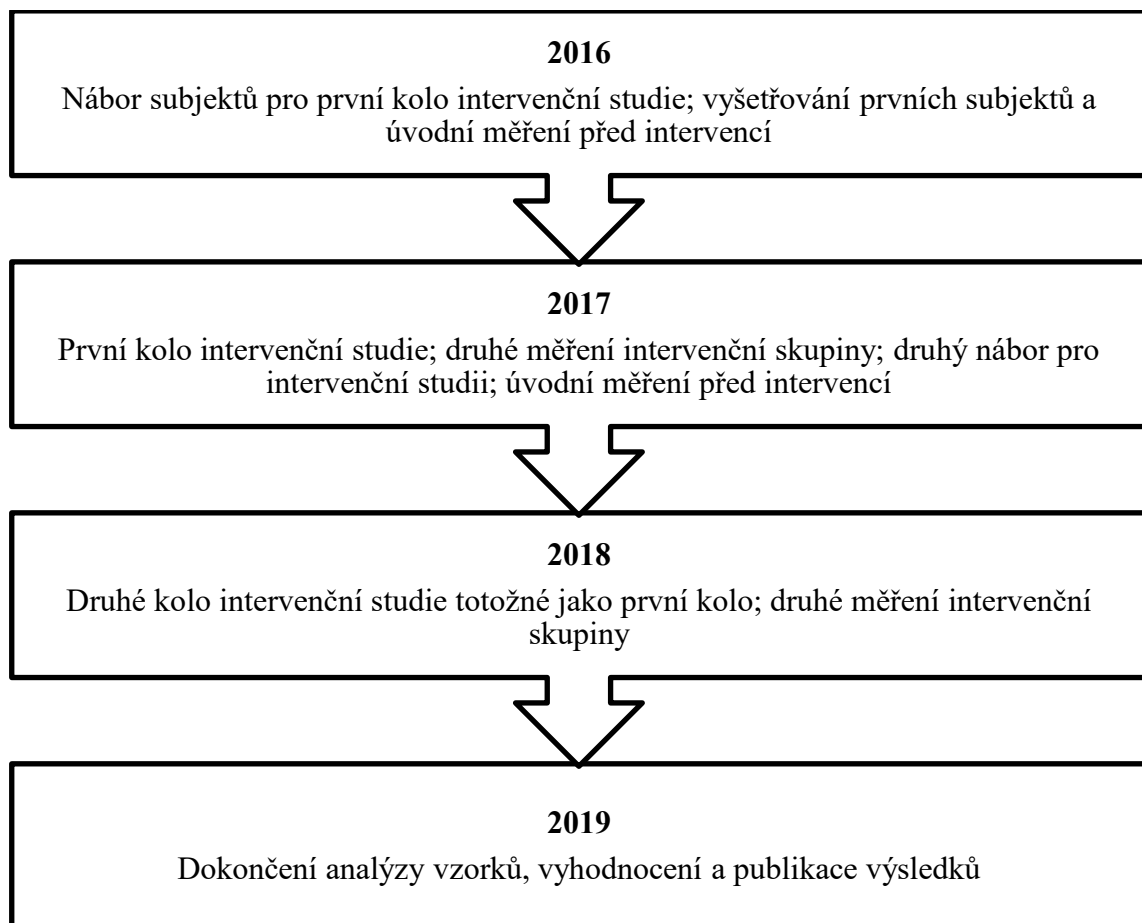
B. Krevní odběry vzorků, AT biopsie – 3. lékařská fakulta

C. Složení těla (DEXA) – endokrinologický ústav

D. Bioimpedance – přístroj InBody 720 (FTVS), Tanita a Bodystat (3. LF)

Vyhodnocení stravy subjektů bylo provedeno pomocí tří denního dietního záznamu. Vyhodnocení běžné fyzické aktivity subjektů jsme zjistili pomocí IPAQ (International Physical Activity Questionnaire), který byl potvrzen i pro starší subjekty (FLACHS, 2011) a fyzický výkon testováním. Příjem omega-3 doplňků byl sledován lipidomickou analýzou mastných kyselin a obsah EPA + DHA v plazmě (tj. Omega-3 index).

## 4.5 Sběr dat



## **4.6 Informace o žadateli a zařízení**

Tento projekt probíhal v rámci grantu EXODYA od Agentury pro zdravotnický výzkum ČR ve spolupráci mezi 3. lékařskou fakultou, Fakultou tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, Institutem sportovního lékařství, Fakultní nemocnicí Královské Vinohrady a Endokrinologickým ústavem.

### **4.6.1 Fakulta tělesné výchovy a sportu a Institut sportovního lékařství**

Do týmu byl zapojen MUDr. Milan Matouš, MD, lékař sportovní medicíny z Institutu sportovního lékařství s dlouhými zkušenostmi ve funkčním testování, cvičení a fyzioterapiích; odborníci z Fakulty tělesné výchovy a sportu: PhDr. Klára Daďová, PhD, a PhDr. Miroslav Petr, PhD., dlouholetí odborníci v zátěžovém testování, navrhování a předepisování cvičebních programů ve stáří. Studenti Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy budou rovněž zapojeni do vedení vzdělávacích programů a nábory subjektů.

Kromě toho byla do projektu zapojena nezdravotní organizace "Senior Fitness" (skládající se z 1000 členů). "Senior Fitness" se věnuje zásahům do fyzické aktivity seniorů a organizuje různé fyzické pohybové aktivity pro lidi ve středním věku a starší lidi.

Tým z FTVS zajistil propojení tohoto projektu s "Senior Fitness" a jiných organizací pro seniory a byl odpovědný za nábor trénovaných a neaktivních seniorek (nad 65 let) ke studiu.

Dále hrál hlavní roli v nábory subjektů, prováděl počáteční a konečné funkční vyšetření subjektů, včetně spiroergometrie s monitorováním srdečního výdeje, testování výkonu svalů a polní testování funkčnosti. Realizoval cvičební program, vzdělávací sezení včetně počátečního vzdělání při týdenním pobytu seniorů s důkladným poučením o výkonu a cvičeních.

## **4.7 Financování**

Celá práce byla financována v rámci projektu EXODYA (Agentura pro zdravotnický výzkum ČR).

## 4.8 Analýza dat

Byly vypočítány základní deskriptivní údaje průměr a směrodatná odchylka pro každou proměnnou. Vzhledem k velikosti jednotlivých skupin byly pro testování hypotéz použity neparametrické metody, které jsou sice méně senzitivní vzhledem k riziku chyby 1. typu, ale jsou doporučovány pro malé studijní vzorky v rámci biomedicínského (SULLIVAN, 2016; YAN, 2017).

Pro porovnání rozdílů u jednotlivých proměnných mezi jednotlivými skupinami byl použit neparametrický Mann-Whitney U test. V rámci porovnání rozdílů uvnitř jednotlivých byl použit neparametrický Wilcoxonův test pro opakovaná měření. Věcná významnost, byla počítána s použitím Mann-Whitney U testu jako  $r = Z/\sqrt{N}$ , Z bod je odhadován pomocí testové statistiky Mann-Whitney U, a  $N$  je velikost celkového výběrového vzorku. Věcná významnost tohoto testu může nabývat hodnot  $\text{abs}(r)$  0,1 = malá významnost, 0,3 = střední významnost a 0,5 = vysoká významnost, záporné znaménko znamená, že efekt cvičení byl vyšší ve skupině s placebem. Pro každou proměnnou zvláště byly vytvořeny přehledné grafy v programu MS Excel. Všechny statistické výpočty byly realizovány pomocí statistického programu IBM SPSS Statistics 22.

## 5 VÝSLEDKOVÁ ČÁST

### 5.1 Statistika souboru

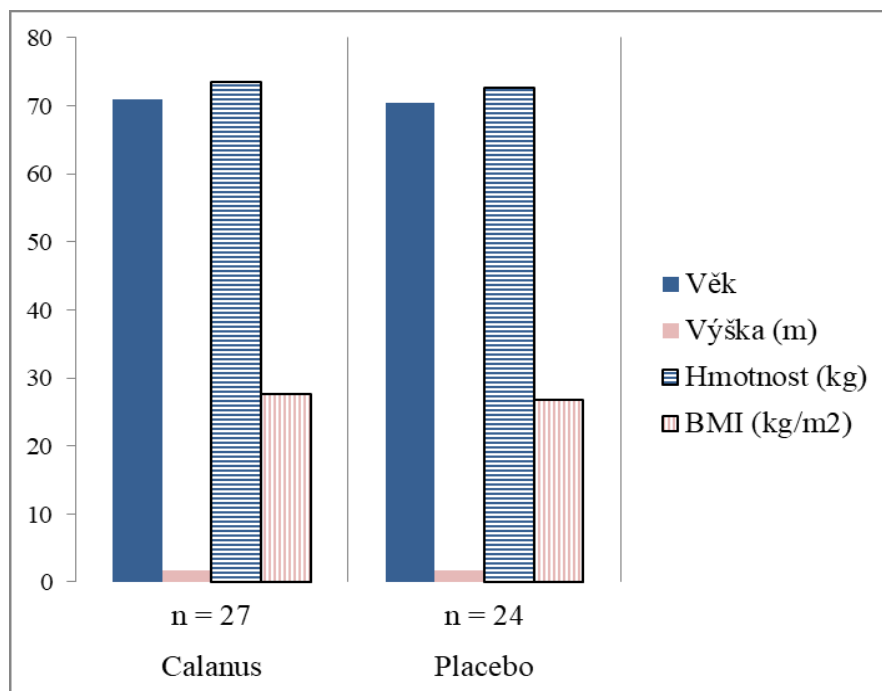
Do skupiny Calanus (Omega-3) byly zahrnuty ženy v průměrném věku  $71,0 \pm 4,1$  let, vysoké  $1,62 \pm 0,1$  m, jejichž hmotnost byla  $73,5 \pm 10,0$  kg a s velmi mírnou nadváhou dle BMI  $27,6 \pm 4,0$  kg/m<sup>2</sup>. Nelišily se v žádné z těchto proměnných s ženami zařazenými do kontrolní skupiny. Základní deskriptivní údaje jsou uvedeny v Tabulce 3.

Tab 3. Popisná statistika souboru

	Calanus n = 27	Placebo n = 24	p-hodnota
Věk	71,0 (4,1)	70,4 (3,9)	0,879
Výška (m)	1,62 (0,1)	1,63 (0,1)	0,943
Hmotnost (kg)	73,5 (10,0)	72,6 (12,9)	0,575
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,6 (4,0)	26,8 (3,4)	0,735

*Poznámka:* hodnoty jsou uvedeny jako průměr (směrodatná odchylka); Mann-Whitney U test byl použit pro testování hypotéz.

V Grafu 1 je dobře zobrazena skutečnost, že se probandky nelišily v žádné proměnné.



Graf 1. Grafické znázornění základních deskriptivních údajů

## 5.2 Tělesné složení – INBODY

Průměrné vstupní a výstupní hodnoty a změny ve vybraných ukazatelích tělesné kompozice měřené pomocí INBODY ukazují, že cvičení mělo statisticky významný pozitivní vliv na celkovou hmotnost, viscerální tuk a hodnotu BMI u obou skupin. Na rozdíl od skupiny Calanus došlo ke statisticky významnému zlepšení v kontrolní skupině rovněž u bílkovin a celkové svalové hmoty. Aditivní pozitivní vliv suplementace Calanem nebyl prokázán u žádné proměnné. Přičemž jistou pozitivní tendenci v porovnání s placebem lze vidět pouze u viscerálního tuku ( $r = 0,13$ ), nicméně rozdíl nebyl statisticky významný. Naproti tomu nejvyšší efekt mělo samotné cvičení bez přídavné suplementace Calanem na BMI, kde  $r = -0,20$ , rovněž zde však nebyl výsledek statisticky významný. V Tabulce 4 jsou uvedeny výsledky intervence měřené pomocí INBODY.



Tab 4. Výchozí hodnoty, hodnoty po intervenci a průměrné změny ve vybraných proměnných měřených pomocí INBODY

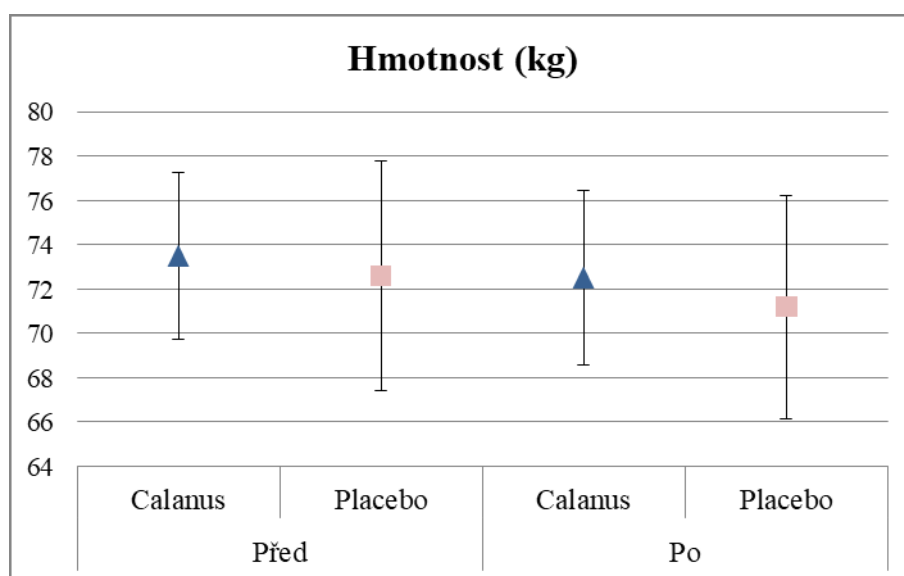
Parametry	INBODY				Změny v hodnotách		r
	Hodnoty		Hodnoty		Calanus	Placebo	
	Calanus (n = 27)	Placebo (n = 24)	Calanus (n = 27)	Placebo (n = 24)	Po-před	Po-před	
	před	po	před	po	Po-před	Po-před	
Hmotnost (kg)	73,5 (10,0)	72,5 (10,4) <sup>a</sup>	72,6 (12,9)	71,2 (12,6) <sup>a</sup>	-1,0 (1,9)	-1,4 (1,7)	-0,15
ICW (l)	20,3 (1,7)	20,4 (1,8)	20,9 (2,8)	21,1 (3,0) <sup>a</sup>	0,2 (0,5)	0,2 (0,5)	0,1
ECW (l)	13,0 (1,2)	13,1 (1,3)	13,3 (1,9)	13,4 (2,0)	0,1 (0,4)	0,1 (0,4)	0,03
Bílkoviny (kg)	8,8 (0,7)	8,8 (0,8)	9,0 (1,2)	9,1 (1,3) <sup>a</sup>	0,1 (0,2)	0,1 (0,2)	0,08
Minerály (kg)	3,3 (0,3)	3,3 (0,3)	3,3 (0,5)	3,4 (0,5)	0,0 (0,1)	0,0 (0,1)	0,02
SMM (kg)	24,5 (2,2)	24,7 (2,4)	25,2 (3,6)	25,5 (3,8) <sup>a</sup>	0,2 (0,6)	0,3 (0,6)	-0,08
VFA (cm <sup>2</sup> )	118,9 (40,4)	104,9 (38,4) <sup>a</sup>	107,2 (38,7)	97,5 (38,7) <sup>a</sup>	-14,0 (17,9)	-9,7 (12,3)	0,13
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,6 (4,0)	27,3 (4,2) <sup>a</sup>	26,8 (3,4)	26,3 (3,2) <sup>a</sup>	-0,3 (0,7)	-1,6 (5,2)	-0,2

*Poznámka:* hodnoty jsou uvedeny jako průměr a směrodatná odchylka, <sup>a</sup>Wilcoxon Signed Rank test pro vnitroskupinové rozdíly (p<0.05), <sup>b</sup>Mann–Whitney U test pro meziskupinové rozdíly (p<0.05).

Grafické znázornění výchozích a po-intervenčních hodnot u vybraných proměnných je znázorněno na následujících grafech.

### 5.2.1 Hmotnost

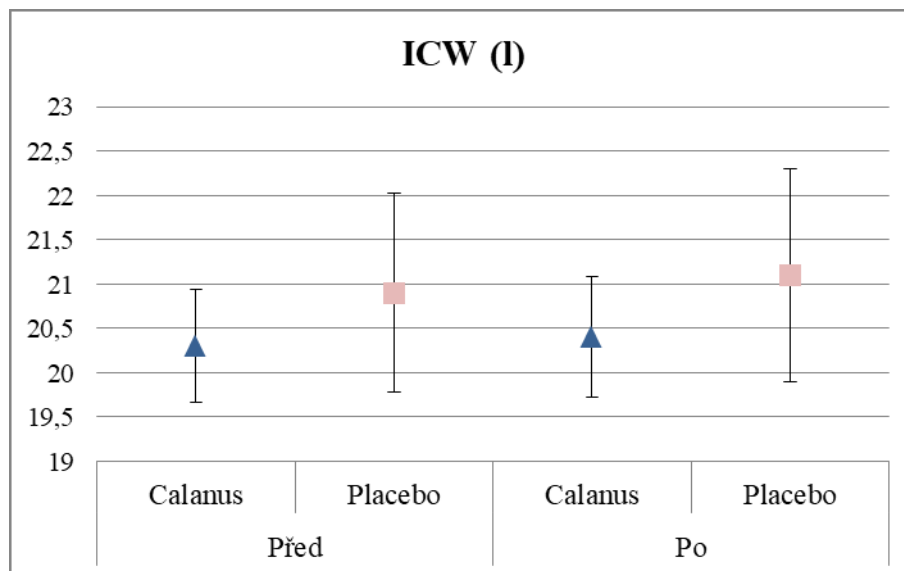
Na grafu 2 je patrné mírné zlepšení průměrných hodnot v obou skupinách, nicméně 95% interval spolehlivosti ukazuje, že toto zlepšení nelze generalizovat, protože předpokládané průměry se z devadesáti pěti procentní jistotou pohybují v tomto intervalu v celkové populaci žen odpovídající našemu výběrovému vzorku.



Graf 2. Hmotnost před a po intervenci

### 5.2.2 Intracelulární tekutina

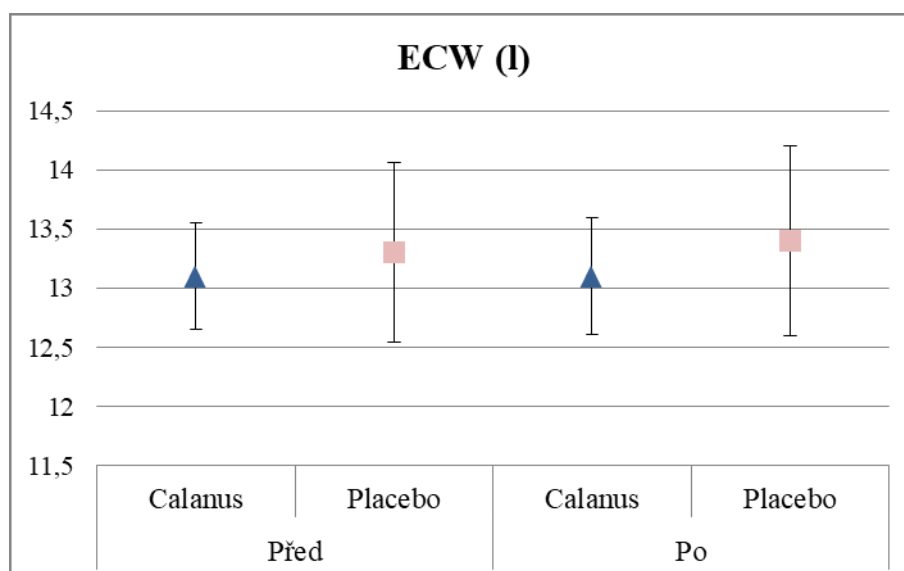
Na grafu 3 je vidět, že se u obou skupin mírně zvýšil podíl intracelulární tekutiny. Statisticky významné je však pouze zvýšení u skupiny placebo.



Graf 3. ICW před a po intervenci

### 5.2.3 Extracelulární tekutina

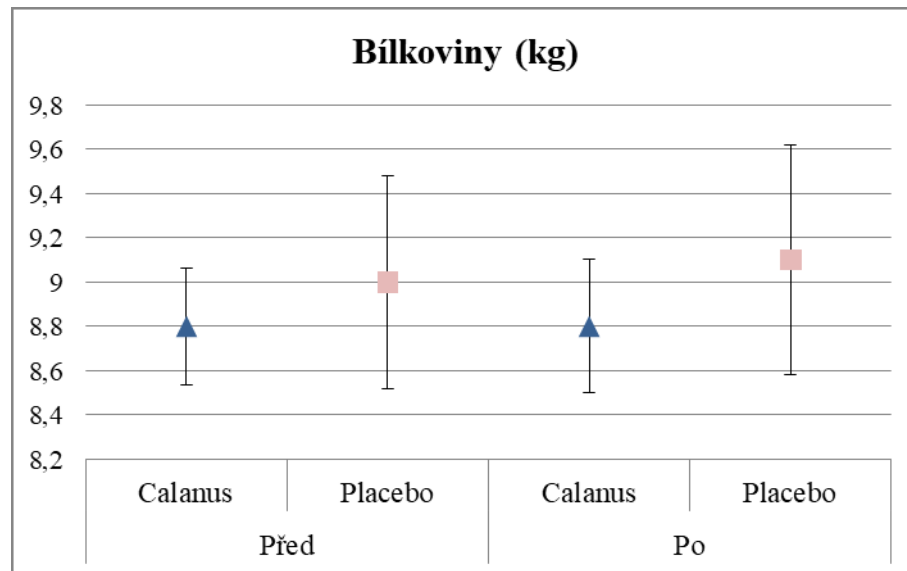
Mírného zvýšení bylo dosaženo u obou skupin i v případě extracelulární tekutiny. Výsledky nejsou statisticky významné.



Graf 4. ECW před a po intervenci

### 5.2.4 Bílkoviny

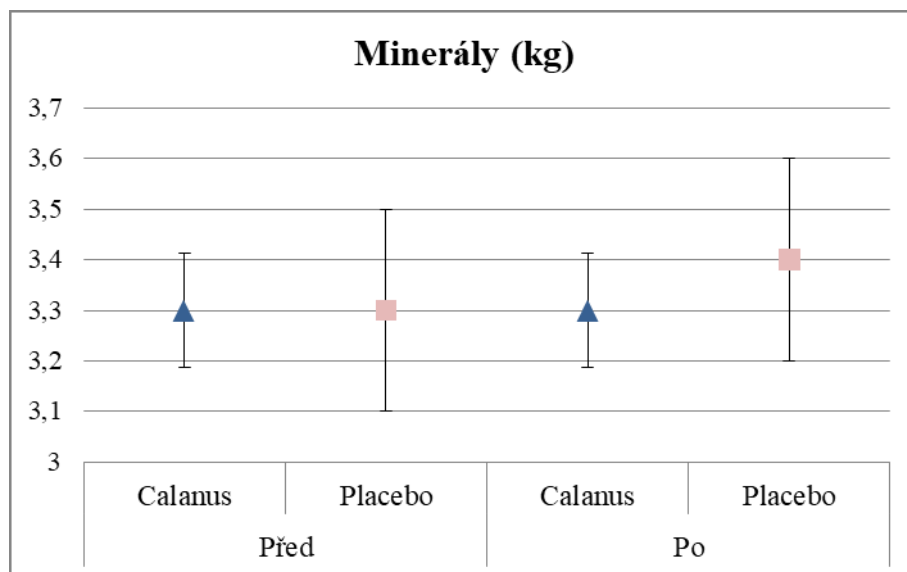
Skupina s placebem se statisticky významně zlepšila po intervenci. U skupiny Calanus nedošlo k žádné změně.



Graf 5. Bílkoviny před a po intervenci

### 5.2.5 Minerály

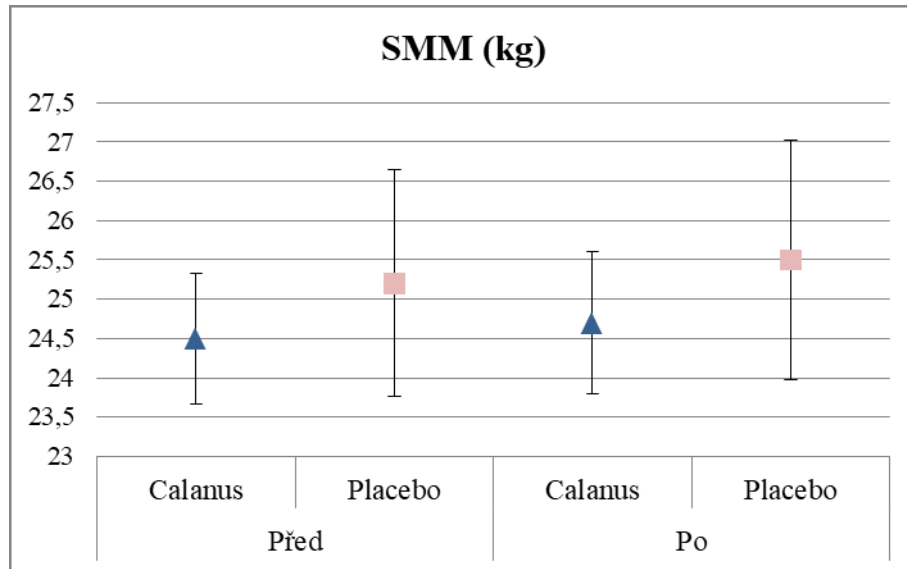
Téměř beze změny a bez statistické významnosti zůstalo porovnání minerálů před a po intervenci.



Graf 6. Minerály před a po intervenci

### 5.2.6 Kosterní svalová hmota

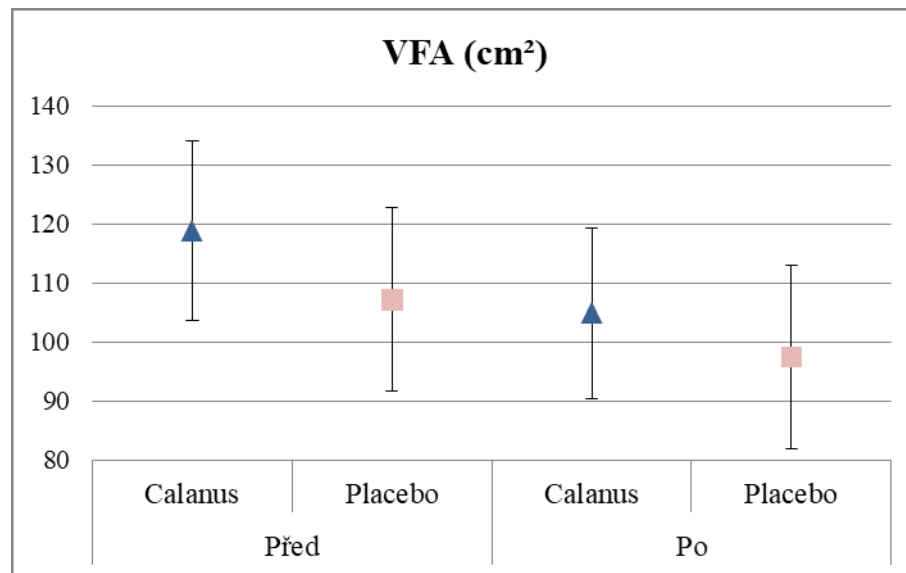
O obou skupin je na grafu vidět zvýšení podílu kosterní svalové hmoty. Neukázalo se však, že by u skupiny Calanus bylo toto zvýšení vyšší než u placebo skupiny. Signifikantní je výsledek u skupiny placebo.



Graf 7. SMM před a po intervenci

### 5.2.7 Viscerální tuk

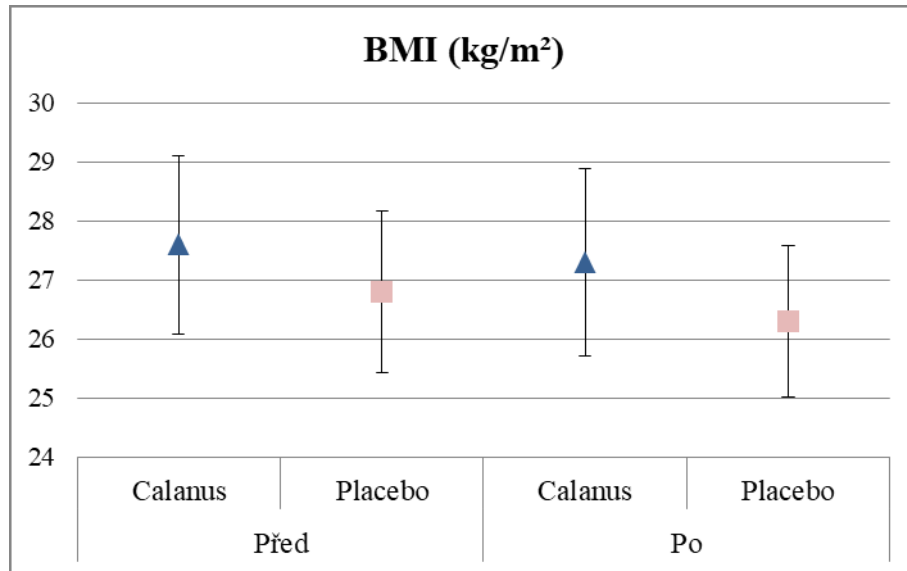
Dalším důležitým parametrem je viscerální tuk. Ten nám v průměru poklesl u obou skupin. Výrazněji dokonce u skupiny s Calanem. Průměrný pokles u skupiny Calanus byl o 14 cm<sup>2</sup>, kdežto u skupiny placebo „pouze“ o 9,7 cm<sup>2</sup>. U obou skupin se prokázala statistická významnost tohoto snížení viscerálního tuku na hladině  $p < 0,05$ .



Graf 8. VFA před a po intervenci

### 5.2.8 Body mass index

Jak je patrné na grafu 9, tak s poklesem hmotnosti u obou skupin nám samozřejmě klesl i body mass index. A tento pokles je na hladině statistické významnosti.



Graf 9. BMI před a po intervenci

### 5.3 Obsah tuku v těle

Obsah tuku v těle jsme měřili a hodnotili pomocí bioimpedačních metod (InBody, Tanita a Bodystat), dále DEXOu a také kaliperační metodou (měření 10 kožních řas podle Pařízkové (1998)).

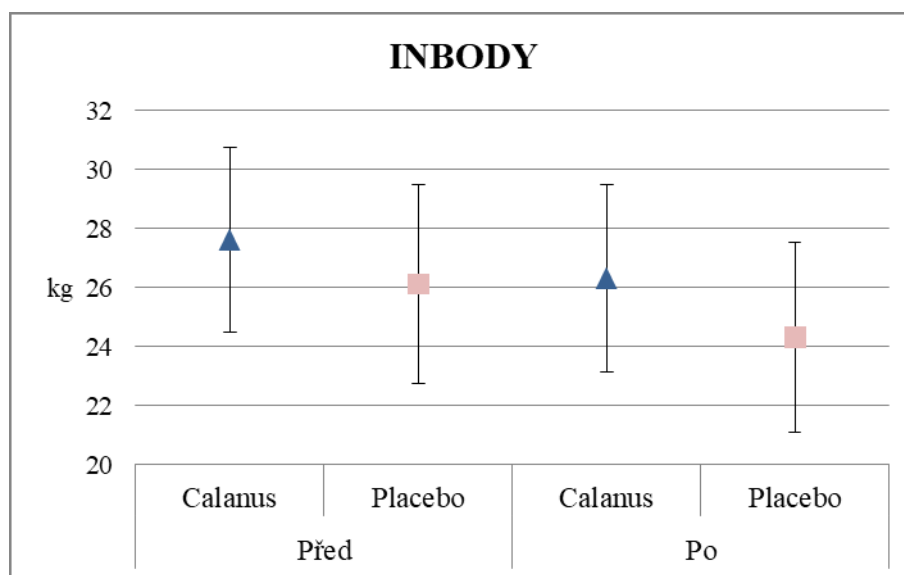
Tab 5. Obsah tuku v těle podle různých metod

	Tuk (kg)				Změny v hodnotách		r
	Hodnoty		Hodnoty		Calanus	Placebo	
	Calanus (n = 27)	Placebo (n = 24)	Calanus (n = 27)	Placebo (n = 24)	Po-před	Po-před	
	před	po	před	po	Po-před	Po-před	
INBODY	27,6 (8,3)	26,3 (8,4) <sup>a</sup>	26,1 (8,4)	24,3 (8,0) <sup>a</sup>	-1,3 (1,6)	-1,8 (1,8)	-0,13
TANITA	27,0 (7,7)	26,3 (7,2)	26,3 (8,5)	25,1 (8,0) <sup>a</sup>	-0,7 (2,2)	-1,3 (2,0)	-0,16
BODYSTAT	26,8 (7,8)	24,7 (7,9) <sup>a</sup>	22,4 (8,2)	21,0 (7,5) <sup>ab</sup>	-2,1 (4,4)	-1,4 (2,2)	0,01
DEXA	29,2 (7,5)	28,2 (7,7) <sup>a</sup>	27,6 (8,3)	26,2 (7,8) <sup>a</sup>	-1,0 (1,3)	-1,4 (1,4)	-0,16
Kaliperace	17,5 (6,5)	15,6 (6,5) <sup>a</sup>	17,6 (6,0)	14,9 (5,5) <sup>a</sup>	-1,9 (2,3)	-2,7 (1,8)	-0,12

*Poznámka:* hodnoty jsou uvedeny jako průměr a směrodatná odchylka, <sup>a</sup>Wicoxon Signed Rank test pro vnitroskupinové rozdíly ( $p < 0,05$ ), <sup>b</sup>Mann-Whitney U test pro meziskupinové rozdíly ( $p < 0,05$ ).

#### 5.3.1 InBody

Podle údajů z InBody došlo k většímu snížení tukové hmoty u skupiny placebo (o 1,8 kg). Nicméně i ve skupině Calanus je snížení patrné (o 1,3 kg). U obou skupin také mluvíme o statistické významnosti.

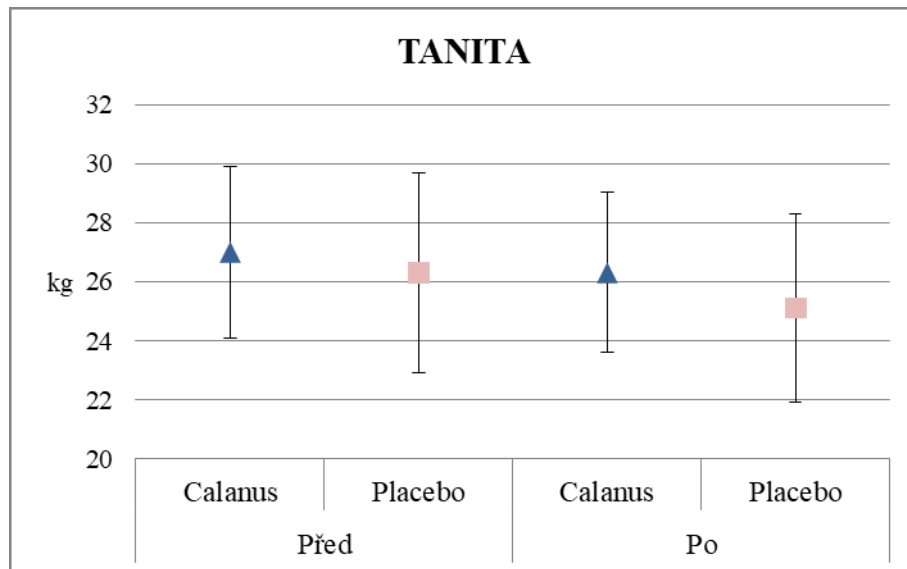


Graf 10. Tuk v těle měřen na InBody



### 5.3.2 Tanita

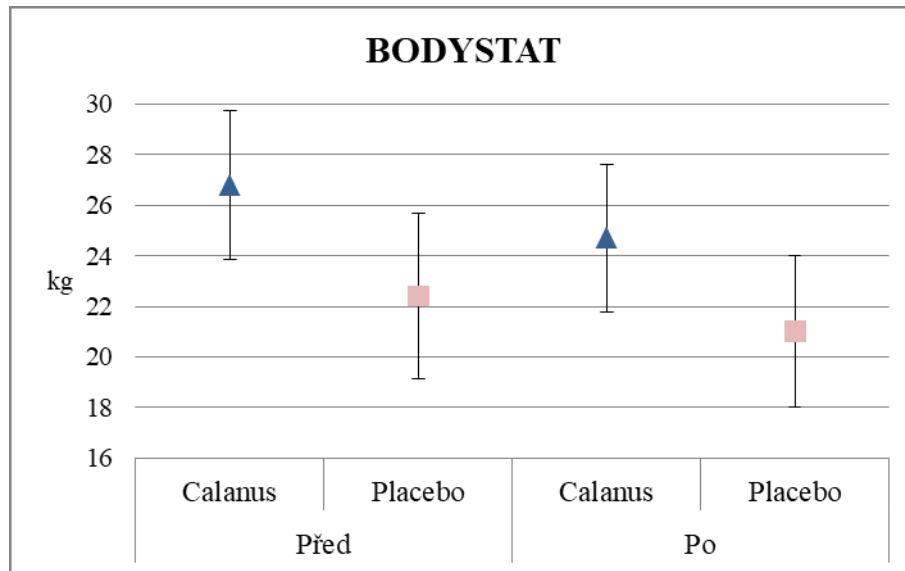
Na Tanitě jsou rozdíly o něco menší než na InBody. Snížení tuku ve skupině Calanus je v průměru o 0,7 kg a u skupiny placebo o 1,3 kg. I zde je však větší rozdíl u skupiny placebo. Signifikantní je výsledek u skupiny bez suplementace (placebo).



Graf 11. Tuk v těle měřen na Tanitě

### 5.3.3 Bodystat

Poněkud více se liší výsledky z Bodystatu. Zde došlo k většímu úbytku tuku u skupiny Calanus a to o průměrně 2,1 kg oproti skupině placebo, kde tento úbytek činil v průměru pouze 1,4 kg. A zároveň se jedná o statisticky významný výsledek na hladině  $p < 0,05$ .



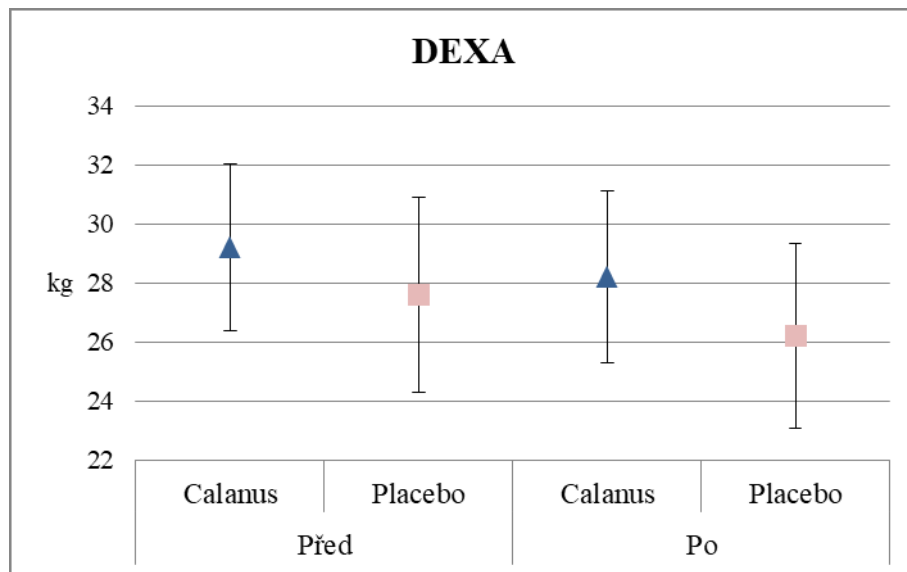
Graf 12. Tuk v těle měřen na Bodystatu

### 5.3.4 DEXA

Zajímavé jsou samozřejmě také výsledky obsahu tuku v těle podle metody DEXA, která je podle Andreoliho (2009) považovaná za referenční metodu měření.

Na výsledcích v tomto grafu můžeme vidět, že pokles tukové tkáně nastal u obou skupin. U skupiny Calanus činil tento pokles v průměru 1,0 kg. U skupiny placebo se tuková tkáň průměrně snížila o 1,4 kg.

U tukové tkáně měřené pomocí metody DEXA splňuje  $p < 0,05$  a tudíž je výsledek statisticky významný.

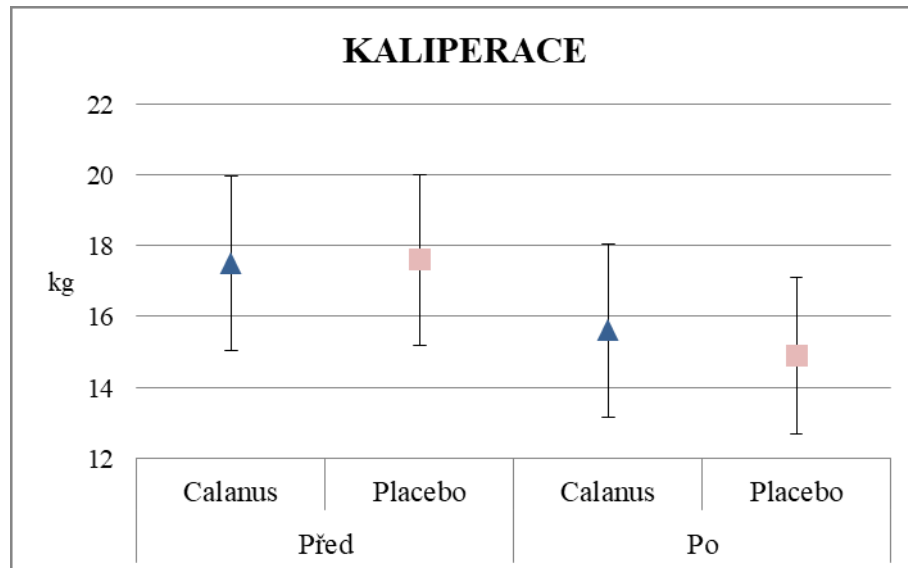


Graf 13. Tuk v těle měřen Dexou

### 5.3.5 Kaliperace (10 kožních řas)

Největší snížení podílu tuku nastalo při měření tzv. kaliperací, tedy měření tloušťky kožních řas pomocí kaliperu.

Skupina Calanus svůj podíl tukové tkáně snížila v průměru o 1,9 kg a skupina placebo dokonce o 2,7 kg. I zde mluvíme o statistické významnosti.



Graf 14. Tuk v těle měřen kaliperací

## 5.4 Obsah tukoprosté hmoty v těle

Stejně jako tukovou tkáň, tak i hodnoty tukoprosté hmoty jsme porovnávali podle několika metod. Opět jsme použili bioimpedanční metody InBody, Tanita a Bodystat a laboratorní metodu Dexu.

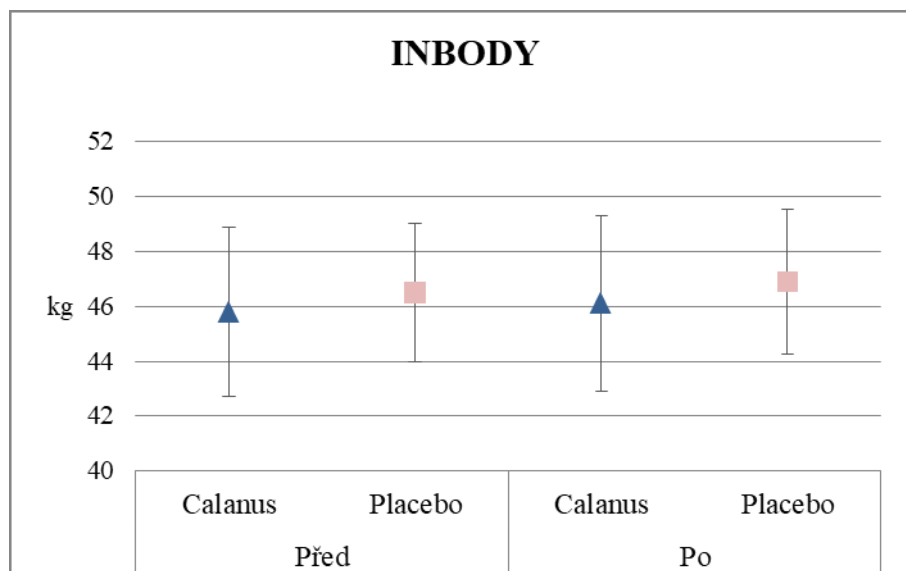
Tab 6. Obsah tukoprosté hmoty v těle podle různých metod

	Tukuprostá hmota (kg)						r
	Hodnoty				Změny v hodnotách		
	Calanus (n = 27)		Placebo (n = 24)		Calanus (n = 27)	Placebo (n = 24)	
	před	po	před	po	Po-před	Po-před	
INBODY	45,8 (8,2)	46,1 (8,5)	46,5 (6,3)	46,9 (6,6)	0,3 (2,4)	0,4 (1,1)	-0,01
TANITA	44,5 (3,1)	44,7 (4,2)	45,3 (5,2)	45,4 (5,6)	0,2 (2,0)	0,2 (1,1)	0,05
BODYSTAT	45,6 (5,7)	46,2 (5,8)	49,2 (8,0) <sup>b</sup>	49,4 (8,3)	0,6 (1,6)	0,1 (1,9)	0,13
DEXA	40,9 (8,9)	43,0 (3,3) <sup>a</sup>	44,3 (6,1)	44,6 (5,8)	2,1 (8,3)	3,4 (1,1)	-0,09

*Poznámka:* hodnoty jsou uvedeny jako průměr a směrodatná odchylka, <sup>a</sup>Wicoxon Signed Rank test pro vnitroskupinové rozdíly (p<0.05), <sup>b</sup>Mann–Whitney U test pro meziskupinové rozdíly (p<0.05).

### 5.4.1 InBody

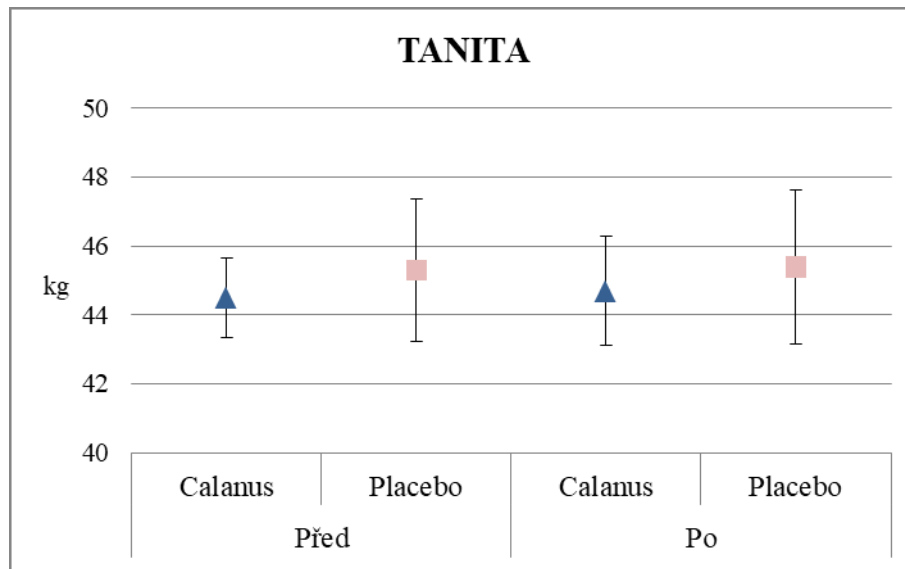
Na grafu je patrný mírný vzrůst tukoprosté hmoty u obou skupin. Nepatrně vyšší u skupiny placebo, avšak statisticky nevýznamný.



Graf 15. Tukoprostá hmota v těle měřena na InBody

### 5.4.2 Tanita

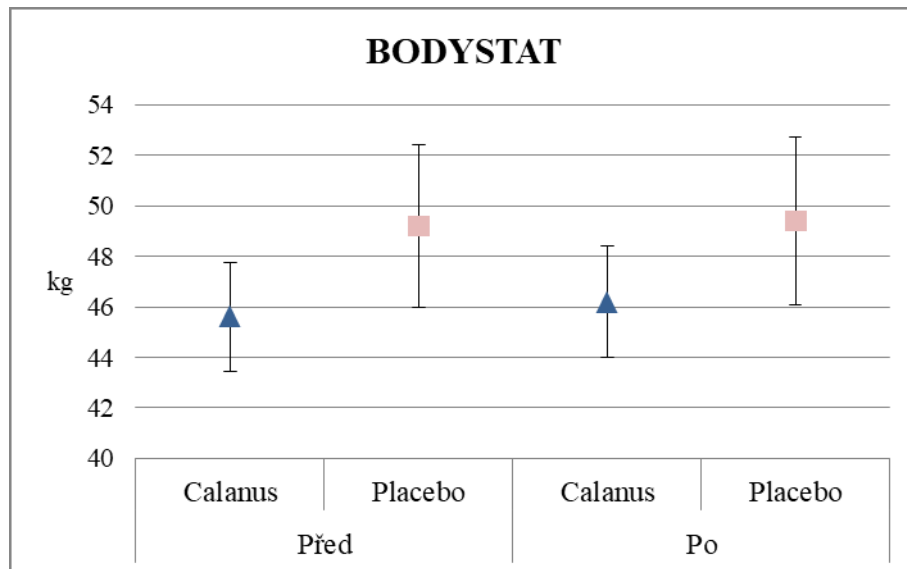
Mírné zvýšení tukoprosté hmoty je vidět i u měření Tanitou. Zde je změna u obou skupin 0,2 kg. Nicméně změna není signifikantní.



Graf 16. Tukoprostá hmota v těle měřena na Tanitě

### 5.4.3 Bodystat

Na Bodystatu je větší vzrůst u skupiny Calanus (o 0,6 kg) u skupiny placebo jen 0,1 kg. Nicméně výchozí hodnoty byly u skupiny Calanus statisticky významně nižší v porovnání s placebem  $p < 0,05$ .

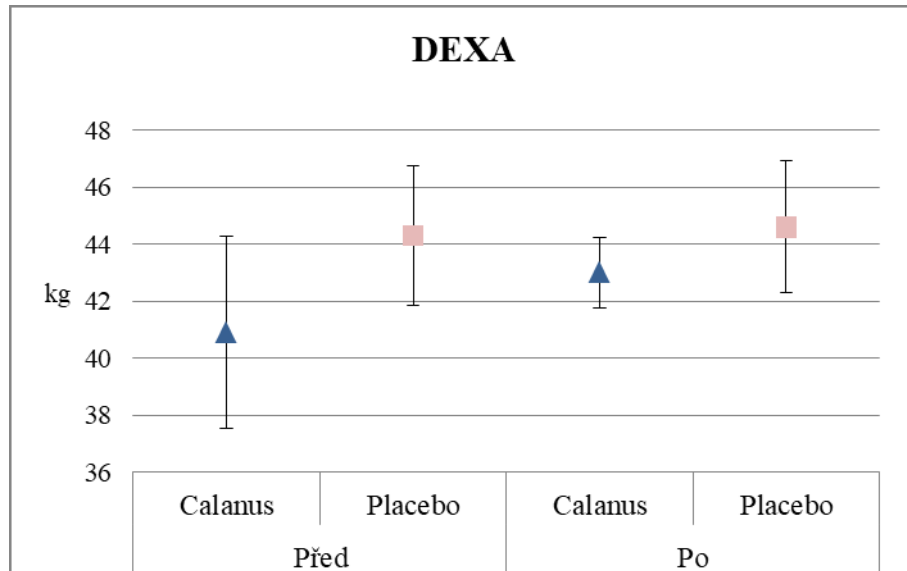


Graf 17. Tukoprostá hmota v těle měřena na Bodystatu

#### 5.4.4 Dexa

Největší změny můžeme vidět u měření Dexou. Podíl tukoprosté hmoty vzrostl u skupiny Calanus o 2,1 kg. U placebo skupiny pak činil nárůst 3,4 kg.

Hodnoty tukoprosté hmoty u Dexy jsou též statisticky významné.



Graf 18. Tukoprostá hmota v těle měřena Dexou



## 6 DISKUSE

Biologický proces stárnutí bohužel nelze zastavit žádnými známými prostředky. Existuje však řada důkazů, že pravidelná fyzická aktivita může podpořit kvalitu života a zabránit nebo odložit běžné nemoci běžného současného životního stylu. Díky tomu tak zvýšit kvalitu života. Účinky pravidelného cvičení nebo dlouhodobých cvičebních programů na nástup komplikací souvisejících s věkem byly již dlouhodobě a obsáhle studovány a ukázaly, že mají pozitivní vliv na zvýšení svalové síly a kardiorespirační zdatnosti (LEENDERS, 2013).

Efekt různých typů tréninku zkoumal např. Hung-Ting Chen (2017), který testoval 3 skupiny: skupina se silovým tréninkem, skupina s aerobním tréninkem a skupina s tréninkem kombinovaným a nejlepších výsledků dosáhl se skupinou se silovým tréninkem. My jsme při intervenci používali kombinovaný aerobní a silový trénink.

Kromě pohybového tréninku jsme tedy měli skupinu, která zároveň užívala omega-3 nenasycené mastné kyseliny v podobě produktu Calanus.

Smith (2015) tvrdí, že terapií omega-3 nenasycených mastných kyselin získaných z rybího oleje se zpomaluje úbytek svalové hmoty a funkcí u seniorů a měla by být považována za terapeutický přístup k prevenci sarkopenie a zachování fyzické nezávislosti u seniorů. Taktéž Rodacki (2012) došla k závěru, že užívání doplňků s obsahem omega-3 kyselin zlepšuje funkce neuromuskulárního systému a zvyšuje svalovou sílu a funkční kapacitu organismu u seniorek. Rybí olej bohatý na omega-3 kyseliny tedy může být atraktivním doplňkem pro seniory, aby maximalizovali zachování své svalové síly a funkční kapacity.

Protože kombinace cvičení a suplementace n-3 PUFA prokázala některé příznivé účinky na zdraví a kondici (DA BOIT, 2017; DUPONT, 2019; DE LOURDES NAHHAS RODACKI, 2015), tak jsme se zaměřili na nový produkt suplementace omega-3 nenasycených mastných kyselin - Calanusový olej vyrobený z mořského korýše *Calanus finmarchicus* (PEDERSEN, 2014). Calanusový olej obsahuje kombinaci mastných kyselin, mastných alkoholů a voskových esterů a je pravděpodobně jednou z nejlepších alternativ k rybímu oleji (GASMI, 2019).

Nicméně dávky omega-3 mastných kyselin, které naše probandky dostávaly v kapslích Calanus, byla 125 mg kyseliny eikosapentaenové (EPA) a 105 mg kyseliny dokosahexaenové (DHA) za den, byly v porovnání s doporučenými hodnotami o něco nižší. Je tedy pravděpodobné, že k tomu, abychom dosáhli vyššího indexu omega-3 (tj. součet EPA a DHA v erytrocytových membránách vyjádřeného jako procento celkového obsahu mastných kyselin) a zároveň případných výraznějších rozdílů v testovaných parametrech mezi skupinami s Calanem a s placebem, by bylo patrně zapotřebí zvýšit dávky oleje Calanus (COOK, 2016).

Na důležitost pravidelné fyzické aktivity, ukazuje fakt, že po pohybové intervenci došlo k celkovému zlepšení funkční kapacity organismu i parametrů tělesného složení, bez ohledu na to, zda byl doplněn suplementací omega-3. Přidaný vliv suplementace produktem Calanus, může mít pozitivní dopad na viscerální tuk, kde došlo ke statisticky významnému snížení jeho hodnot. U placebo skupiny je pak signifikantní nárůst svalové hmoty, což je důležité pro udržení činnosti běžného života na vysoké úrovni i ve vyšším věku.

Významný pokles hmotnosti jsme na InBody zaznamenali u obou skupin. U obou skupin také došlo ke statisticky významnému snížení viscerálního tuku měřeného opět bioelektrickou impedancí (InBody).

Samozřejmě jsme si vědomi nedostatků měřením metodou bioimpedance. Proto jsme také vybrané parametry tělesného složení porovnávali různými metodami měření, ať už pomocí bioelektrické impedance (InBody, Tanita, Bodystat, laboratorní metodou (DEXA) nebo metodou antropometrickou (kaliperace).

Podle Pastuchy (2014) však tělesné složení nelze přesně stanovit, ale pouze odhadnout na základě různých metod. Nelze určit nejpřesnější a nejobjektivnější metodu. Každá metoda má svá pozitiva a negativa. Srovnávání množství tuku získaného různými metodami je zavádějící (pokud se nejedná o metodologickou práci), neboť každá metoda pracuje s jinými výchozími parametry a s jinými regresními rovnicemi, sestavenými na různých populačních skupinách. Je potřeba diferencovat ve smyslu pohlaví, věku, etnika, pohybové aktivity, použitého přístroje a zachovat standartní podmínky měření.

## 6.1 Limity studie

Délka trvání je relativně krátká, delší doba intervence by mohla mít větší význam. Zároveň i vyšší dávky omega-3 nenasycených mastných kyselin v suplementaci by mohly mít vyšší pozitivní vliv na testované parametry.

K výsledkům nemusí dojít pouze vlivem intervence, ale chutí žen začít cvičit a změnit svůj životní styl.

Výsledky mohou být také ovlivněny i dobou, ve které probíhá intervence, tedy krátce po vánočních svátcích (větší motivace zhubnout, novoroční předsevzetí apod.)

Reprezentativnost vzorku může být narušena způsobem výběru vzorku (záměrný, kvótní), což může být limitující při interpretaci výsledků, protože byly osloveny hlavně ženy, které se aktivně účastní společenských aktivit (seniorských dnů, přednášek apod.).

## 6.2 Význam a aktuálnost projektu

V posledních desetiletích se prevalence metabolických poruch a související léky u starších pacientů výrazně zvýšily. Důležití přispěvatelé těchto poruch pocházejí z nižšího objemu fyzické aktivity a souvisejícím zvýšením tělesného tuku (obezita). Důležité je, že řada studií provedená u starších lidí naznačuje, že metabolický profil a další souvislosti se zdravím lze zlepšit fyzickou aktivitou. Pochopení výhod zachování dostatečné úrovně fyzické aktivity a dietní kvality ve vyšším věku jsou důležité vůči úvahám o současných a budoucích strategiích veřejného zdraví na podporu lepší fyzické funkce a zdraví v pozdějším životě.

Tento projekt přináší nové a unikátní informace o změně výkonnosti při použití omega-3 nenasycených mastných kyselin v produktu Calanus a vyvolaných změn dané molekulární charakteristiky tukové tkáně. Tyto proměnné byly analyzovány ve vztahu k účinkům cvičení a omega-3 suplementace na fyzický výkon, tělesné složení a na celkový metabolický profil. Do dalších studií lze tedy předpokládat, že vyšší dávkou produktu Calanus nebo delším trváním intervence by mohlo být dosaženo účinků větších či na další parametry.

Důležité je, že intervence se prováděla na neaktivních subjektech s nadváhou, které představují skupinu s vyšším rizikem pro rozvoj DM2. To znamená, že výsledky projektu EXODYA jsou rozhodující pro inovaci a zlepšení stávajících doporučení, které zajistí zdravé stárnutí české (resp. bělošské) populace.

Příjemcem projektu je v tomto smyslu, jak široká veřejnost v oblasti lékařství, tak i starší pacienti (preventivní programy). A pokud vezmeme v úvahu skutečnost, že poruchy související s věkem tvoří podstatnou roli v celkových nákladech systému zdravotní péče, tak příjemci jsou všechny subjekty zapojené do financování zdravotní péče.

Vzhledem k tomu, má celý projekt EXODYA klinicko-výzkumný charakter a přinesl nové poznatky o předpokládaných blahodárných účincích kombinovaného zásahu cvičebního programu a navíc suplementace omega-3 mastných nenasycených kyselin na tělesné složení, funkční kapacitu organismu, na metabolické poruchy související s věkem a zapojení těchto účinků na tukovou tkáň.

## 7 ZÁVĚR

V disertační práci jsem se zabývala vlivem pohybové aktivity a omega-3 nenasycených mastných kyselin na tělesnou kompozici seniorek ve věkovém rozmezí 65 – 80 let.

Pohybová aktivita byla zastoupena třemi pohybovými tréninky týdně v délce trvání 60 minut, v poměru 2:1 ve prospěch silového tréninku ku tréninku aerobnímu (nordic walking). Současně s pravidelným pohybovým tréninkem byl v experimentální skupině suplementován produkt Calanus s obsahem omega-3 mastných kyselin.

Před a po samotné intervenci proběhlo měření některých parametrů tělesného složení metodou bioelektrické impedance, ale díky komplexnosti projektu a spolupráce s dalšími institucemi i metodou laboratorní a antropometrickou.

Tato práce tak přinesla nové poznatky o změnách v tělesném složení při použití produktu Calanus. Dané parametry byly analyzovány ve vztahu k účinkům cvičení a suplementací Calanu s obsahem omega-3 mastných kyselin na tělesné složení a v širokém kontextu i na fyzický výkon a související parametry celé studie.

Práce přináší doklad o zásadě praktikování pravidelné fyzické aktivity, a to buď samostatně, nebo v kombinaci s výživovou intervencí. Pravidelná pohybová aktivita je důležitá jako prevence v souvislosti s věkem a metabolickými poruchami, které vedou ke změnám v oblasti složení těla, ale mají vliv i na funkční zdatnosti seniorek a celkový metabolický stav.

Díky výsledkům v oblasti viscerálního tuku a s přihlédnutím k celkovému snížení hmotnosti může být suplementace produktu Calanus spolu s fyzickým cvičením navržena jako preventivní strategie při léčbě obezity. Výsledky tedy znamenají nové cesty pro tvorbu pohybových programů pro seniorky v kombinaci s výživovou suplementací a mají tedy dlouhodobý socioekonomický dopad.

Kromě toho vede společná pohybová intervence k celkovému zlepšení tělesné zdatnosti, ukazuje seniorkám nové možnosti nejen trávení volného času, ale i pohybových možností. Vrací jim elán do života, rozšiřuje jejich možnosti zábavy a pole sociálního kontaktu a v neposlední řadě tak získávají nová přátelství.

## SEZNAM TABULEK

Tab 1. Anatomická lokalizace řas měřených metodou podle Pařízkové .....	22
Tab 2. Srovnání účinků EPA a DHA .....	41
Tab 3. Popisná statistika souboru.....	55
Tab 4. Výchozí hodnoty, hodnoty po intervenci a průměrné změny ve vybraných proměnných měřených pomocí INBODY .....	57
Tab 5. Obsah tuku v těle podle různých metod.....	64
Tab 6. Obsah tukoprosté hmoty v těle podle různých metod.....	69

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1.	Grafické znázornění základních deskriptivních údajů .....	55
Graf 2.	Hmotnost před a po intervenci .....	58
Graf 3.	ICW před a po intervenci .....	59
Graf 4.	ECW před a po intervenci .....	59
Graf 5.	Bílkoviny před a po intervenci .....	60
Graf 6.	Minerály před a po intervenci .....	60
Graf 7.	SMM před a po intervenci.....	61
Graf 8.	VFA před a po intervenci .....	62
Graf 9.	BMI před a po intervenci .....	63
Graf 10.	Tuk v těle měřen na InBody .....	64
Graf 11.	Tuk v těle měřen na Tanitě.....	65
Graf 12.	Tuk v těle měřen na Bodystatu.....	66
Graf 13.	Tuk v těle měřen Dexou .....	67
Graf 14.	Tuk v těle měřen kaliperací.....	68
Graf 15.	Tukoprostá hmota v těle měřena na InBody .....	69
Graf 16.	Tukoprostá hmota v těle měřena na Tanitě .....	70
Graf 17.	Tukoprostá hmota v těle měřena na Bodystatu .....	71
Graf 18.	Tukoprostá hmota v těle měřena Dexou .....	72

## CITOVANÁ LITERATURA

ANDREOLI, A., SCALZO, G., MASALA, S., TARANTINO, U., GUGLIELMI, G. 2009. Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *La Radiologia Medica*. 2009, 114(2):286–300.

BAZAN, NG. 2006. Cell survival matters: docosahexanoic acid signaling, neuroprotection and photoreceptors. *Trends in Neurosciences*. 2006, 29, stránky 263-271.

BONE, J. L., ROSS, M. L., TOMCIK, K. A. et al. 2017. Manipulation of muscle creatine and glycogen changes dual X-ray absorptiometry estimates of body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2017, 49:1029–1035.

BORG, G. 1998. Perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*. 1998.

BOSY-WESTPHAL, A., JENSEN, B., BRAUN, W., et al. 2017. Quantification of whole-body and segmental skeletal muscle mass using phase-sensitive 8-electrode medical bioelectrical impedance devices. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2017, 71(9):1061-1067.

BRAVO-SAN PEDRO, JM., SENOVILLA, L. 2013. Immunostimulatory activity of lifespan-extending agents. *Aging*. 2013, 5, stránky 793-801.

BUNC, V., CINGÁLEK, R., MORAVCOVÁ, J. 2001. *Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedační metodou*. In H. Válková, Z. Hanelová. Olomouc: UP FTK : Sborník 2. mezinárodní konference Pohyb a zdraví, 2001.

CAPRARI, P., SCUTERI, A., SALVATI, AM., ET. AL. 1999. Aging and red blood cell membrane: a study of centenarians. *Experimental Gerontology*. 1999, 34, stránky 47-57.

COOK, C. M., LARSEN, T. S., DERRIG, L. D., KELLY, K. M. TANDE, K. S. 2016. Wax Ester Rich Oil from the Marine Crustacean, *Calanus finmarchicus*, is a Bioavailable Source of EPA and DHA for Human Consumption. *Lipids*. 2016, 51, stránky 1137-1144.

CRESS, ME., ET AL. 2005. Best practise for physical activity program and behavioural counseling in older adult population. *Journal of Aging and Physical Activity*. 13, 2005, 1, stránky 61-74.



- DA BOIT, M., SIBSON, R., SIVASUBRAMANIAM, S., MEAKIN, J. R., GREIG, C. A., ASPDEN, R. M., GRAY, S. R. 2017. Sex differences in the effect of fish-oil supplementation on the adaptive response to resistance exercise training in older people: A randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2017, 105, stránky 151-158.
- DE BACKER, G., AMBROSIONI, E., BORCH-JOHNSEN, K. ET AL. 2003. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. Third Joint Task Force of European and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. *European Heart Journal*. 2003, 24, stránky 1601-1610.
- DE LOURDES NAHHAS RODACKI, C., RODACKI, A. L., COELHO, I., PEQUITO, D., KRAUSE, M., BONATTO, S., FERNANDES, L. C. 2015. Influence of fish oil supplementation and strength training on some functional aspects of immune cells in healthy elderly women. *British Journal of Nutrition*. 2015, 114, stránky 43-52.
- DEFAY, R., DELCOURT, C., RANVIER, M., LACROUX, A., PAPOZ, L. 2001. Relationships between physical activity, obesity and diabetes mellitus in a French elderly population: the POLA study. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*. 2001, 25, stránky 512-518.
- DUPONT, J., DEDEYNE, L., DALLE, S., KOPPO, K., GIELEN, G. 2019. The role of omega-3 in the prevention and treatment of sarcopenia. *Aging clinical and experimental research*. 2019, 31, stránky 825-836.
- ELSAWY, B., HIGGINS, KE. 2010. Physical activity guidelines for older adults. *American Family Physician*. 2010, 81 (1), stránky 55-59.
- FLACHS, P., ROSSMEISL, M., BRYHN, M., KOPECKY, J. 2009. Cellular and molecular effects of N-3 polyunsaturated fatty acids on adipose tissue biology and metabolism. *Clinical Science*. 2009, 116, stránky 1-16.
- FLACHS, P., RUHL, R., HENSLER, M., JANOVSKA, P., ZOUHAR, P., KUS, V., MACEK JILKOVA, Z., PAPP, E., KUDA, O., SVOBODOVA, M., ROSSMEISL, M., TSENOV, G., MOHAMED-ALI, V., KOPECKY, J. 2011. Synergistic induction of lipid catabolism and anti-inflammatory lipids in white fat of dietary obese mice in response to calorie restriction and N-3 fatty acids. *Diabetologia*. 2011, 54, stránky 2626-2638.

- GARRY, PJ., HUNT, WC., KOEHLER, KM., VANDERJAGT, DJ., VELLAS, BJ. 1992. Longitudinal study of dietary intakes and plasma lipids in healthy elderly men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1992, 55, stránky 682-688.
- GASMI, A., MUJAWDIYA, P. K., SHANAIDA, M., ONGENAE, A., LYSIUK, R., DOSA, M. D., BJORKLUND, G. 2019. Calanus Oil in the treatment of obesity-related low-grade inflammation, insulin resistance, and atherosclerosis. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019, 104, stránky 967-979.
- GONZALES, M. C., HEYMSFIELD, S. B. 2017. Bioelectrical impedance analysis for diagnosing sarcopenia and cachexia: what are we really estimating? *Journal of Cachexia and Sarcopenia Muscle*. 2017, 8: 187-189.
- GOURLAN, MJ., TROUILLOUD, DO., SARRAZIN, PG. 2011. Interventions promoting physical activity among obese populations: a meta-analysis considering global effect, long-term maintenance, physical activity indicators and dose characteristics. *Obesity Review*. 2011, 12, stránky 633-645.
- GROFOVÁ, Z. 2010. Mastné kyseliny. *Medicína pro praxi*. 2010, 7 (10), stránky 388-390.
- GROFOVÁ, Z. 2007. *Nutriční podpora: praktický rádce pro sestry*. Praha : Grada, 2007. str. 237. ISBN: 978-80-247-1868-2.
- HAINER, V. 2004. *Základy klinické obezitologie*. Praha : Grada, 2004. str. 356. ISBN 80-247-0233-9.
- HAWKINS, MS., STORTI, KL., RICHARDSON, CR., KING, WC., STRATH, SJ., HOLLEMAN, RG., KRISKA, AM. 2009. Objectively measured physical activity of USA adults by sex, age, and racial/ethnic groups: a cross-sectional study. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2009, 6.
- HOLMEROVÁ, I., JURAŠKOVÁ, B., ZIKMUNDOVÁ, K. 2003. *Vybrané kapitoly z gerontologie*. Praha : Česká alzheimerská společnost, 2003. str. 88. ISBN 80-86541-12-6.
- HUNG-TING CHEN, YU-CHUN CHUNG, YU-JEN CHEN, SUNG-YEN HO, HUEY-JUNE WU. 2017. Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2017, 65(4):827-832.

- CHAU, D., CHO, LM., JANI, P., JEOR, ST. 2008. Individualizing recommendations for weight management in the elderly. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2008, 11, stránky 27-31.
- KAAMAN, M., SPARKS, LM., VAN HARMELEN, V., SMITH, SR., SJOLIN, E., DAHLMAN, I., ARNER, P. 2007. Strong association between mitochondrial DNA copy number and lipogenesis in human white adipose tissue. *Diabetologia*. 2007, 50, stránky 2526-2533.
- KALVACH, Z. 2004. *Geriatric a gerontologie*. Praha : Grada, 2004. str. 861. ISBN 80-247-0548-6.
- KAWANISHI, N., MIZOKAMI, T., YANO, H., SUZUKI, K. 2013. Exercise attenuates M1 macrophages and CD8+ T cells in the adipose tissue of obese mice. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2013, 45, stránky 1684-1693.
- KOZÁKOVÁ, R. 2014. *Základy obecné a vývojové psychologie pro studenty nelékařských zdravotnických oborů*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. str. 106. ISBN 978-80-244-4259-4.
- KRAML, P. 2008. *Hyperlipoproteinémie v klinické praxi*. Praha : Tigris, 2008. str. 128. ISBN: 978-80-903750-5-5.
- KYLE, U. G., GENTON, L., SLOSMAN, D. O., PICHARD, C. 2001. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition*. 2001, 17 (7-8), stránky 534-541.
- KYLE, U. G., BOSAEUS, I., DE LORENZO, A. D., DEURENBERG, P., ELIA, M., GÓMEZ, J. M., HEITMANN, B. L., KENT-SMITH, L., MELCHIOR, J-C., PIRLICH, M. 2004. Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*. 2004, 23, stránky 1226-1243.
- LEE, E. O., LEE, K. H., KOZYREVA, O. 2013. The effect of complex exercise rehabilitation program on body composition, blood pressure, blood sugar, and vessel elasticity in elderly women with obesity. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2013, 9 (6), stránky 514-519.
- LEENDERS, M., VERDIJK, L. B., VAN DER HOEVEN, L., VAN KRANENBURG, J., NILWIK, R., VAN LOON, L. J. 2013. Elderly men and women benefit equally from

prolonged resistance-type exercise training. *The Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences*. 2013, 68, stránky 769-779.

LINDSTROM, J., LOUHERANTA, A., MANNELIN, M., RASTAS, M., SALMINEN, V., ERIKSSON, J., UUSITUPA, M., TUOMILEHTO, J. 2003. The finnish diabetes prevention study (dps): Lifestyle intervention and 3-year result on diet and physical activity. *Diabetes Care*. 2003, 26, stránky 3230-3236.

MÁČEK, M., RADVANSKÝ, J. 2011. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha : Galén, 2011. str. 245. ISBN: 978-80-7262-695-3.

MAZZEO, RS., TANAKA, H. 2001. Exercise prescription for the elderly. *Sports Medicine*. 2001, stránky 800-818.

MCGUIRE, LC., AHLUWALIA, IB., STRINE, TW. 2006. Chronic disease - related behaviours in U. S. older women: behavioural risk factor surveillance system. *Journal of Women's Health*. 2006, 15, stránky 3-7.

MOUREK, J. A KOL. 2009. *Omega-3 mastné kyseliny: zdraví a vývoj*. 2. Praha : Triton, 2009. str. 192. ISBN: 978-80-7387-310-3.

MÜLLEROVÁ, D. 2009. *Obezita - prevence a léčba*. Praha : Mladá fronta, 2009. str. 261. ISBN 978-80-204-2146-3.

MUMMERY, WK., KOLT, G., SCHOFIELD, G., MCLEAN, F. 2007. Associations between physical activity and other lifestyle behaviours in older New Zealanders. *Journal of Physical Activity and Health*. 2007, 4, stránky 411-422.

MURPHY, RA., MOURTZAKIS, M., CHU, QS., BARACOS, VE., REIMAN, T., MAZURAK, VC. 2011. Nutritional intervention with fish oil provides a benefit over standard of care for weight and skeletal muscle mass in patients with nonsmall cell lung cancer receiving chemotherapy. *Cancer*. 2011, 117, stránky 1775-1782.

NETTLETON, JA. 2012. *Omega-3 fatty acids and health*. 2. New York : Springer, 2012. str. 374. ISBN 978-1461358602.

PAŘÍZKOVÁ, J. 1998. Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a v lékařské praxi. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*. 1998, 7, stránky 1-6.

PASTUCHA, D. a kol. 2014. *Tělovýchovné lékařství*. Praha : Grada Publishing, 2014. str. 288. ISBN: 978-80-247-4837-5.

- PEDERSEN, A. M., SALMA, W., HOPER, A. C., LARSEN, T. S., OLSEN, R. L. 2014. Lipid profile of mice fed a high-fat diet supplemented with a wax ester-rich marine oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2014, 116, stránky 1718-1726.
- POIRIER, P., GILES, TD., BRAY, GA., HONG, Y., STERN, JS., PI-SUNYER, FX., ECKEL, RH. 2006. Obesity and cardiovascular disease: pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2006, 26 (5), stránky 968-976.
- RIEGEROVÁ, J., PŘIDALOVÁ, M., ULBRICHOVÁ, M. 2006. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc : Hanex, 2006. str. 262. ISBN 80-85783-52-5.
- RODACKI, C. L. N., RODACKI, A. L. F., PEREIRA, G., NALIWAIKO, K., COELHO, I., PEQUITO, D., FERNANDES, L. C. 2012. Fish-oil supplementation enhances the effects of strength training in elderly women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2012, 95(2):428-36.
- RODACKI, C. L., RODACKI, A. L., PEREIRA, G., NALIWAIKO, K., COELHO, I., PEQUITO, D., FERNANDES, L. C. 2012. Fish-oil supplementation enhances the effects of strength training in elderly women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2012, 95, stránky 428-436.
- ROKYTA, R. et al. 2016. *Fyziologie*. 3. Praha : Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-238-1.
- ROKYTA, R. 2015. *Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi*. Praha : Grada Publishing, 2015. str. 680. ISBN 978-80-247-4867-2.
- ROSSMEISLOVA, L., MALISOVA, L., KRACMEROVA, J., TENCEROVA, M., KOVACOVA, Z., KOC, M., SIKLOVA-VITKOVA, M., VIQUERIE, N., LANGIN, D., STICH, V. 2013. Weight loss improve the adipogenic capacity of human preadipocytes and modulates their secretory profile. *Diabetes*. 2013, 62, stránky 1990-1995.
- SAMUEL, VT., PETERSEN, KF., SHULMAN, GI. 2010. Lipid-induced insulin resistance: Unravelling the mechanism. *Lancet*. 2010, 375, stránky 2267-2277.

- SANDS, SA., REID, KJ., WINDSOR, SL., HARRIS, WS. 2005. The impact of age, body mass index, and fish intake on the EPA and DHA content of human erythrocytes. *Lipids*. 2005, 40, stránky 343-347.
- SHAW, K., GENNAT, H., O'ROURKE, P., DEL MAR, C. 2006. Exercise for overweight or obesity. *Cochrane Database Systematic Review*. 2006, 4.
- SCHACKY VON, C. 2003. The role of omega-3 fatty acids in cardiovascular disease. *Current Atherosclerosis Reports*. 2003, 5, stránky 139-145.
- SCHUIT, A. J. 2006. Physical activity, body composition and healthy ageing. *Science and Sports*. 2006, 21 (4), stránky 209-213.
- SMITH, G. I., JULLIAND, S., REEDS, D. N., SINACORE, D. R., KLEIN, S., MITTENDORFER, B. 2015. Fish oil-derived n-3 PUFA therapy increases muscle mass and function in healthy older adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2015, 102(1): 115–122.
- SOUČEK, M., ŠPINAR, J., VORLÍČEK, J. 2011. *Vnitřní lékařství 2*. Brno : Grada, 2011. stránky 807-1577. ISBN 978-80-210-5418-9.
- STANFORD, KI., MIDDELBECK, RJ., TOWNSEND, KL., LEE, MY., TAKAHASHI, H., SO, K., HITCHCOX, KM., MARKAN, KR., HELLBACH, K., HIRSHMAN, MF., TSENG, YH., GOODYEAR, LJ. 2015. A novel role for subcutaneous adipose tissue in exercise-induced improvements in glucose homeostasis. *Diabetes*. 2015, 64, stránky 2002-2014.
- SULLIVAN, L. M., WEINBERG, J., KEANEY, J. F., 2016. Common Statistical Pitfalls in Basic Science Research. *Journal of the American Heart Association*. 2016, 5.
- SUNDQUIST, K., QVIST, J., SUNDQUIST, J., JOHANSSON, J. 2004. Frequent and occasional physical activity in the elderly: a 12-year follow-up study of mortality. *American Journal of Preventive Medicine*. 2004, 27, stránky 22-27.
- ŠTILEC, M. 2004. *Program aktivního stylu života pro seniory*. Praha : Portál, 2004. str. 135. ISBN 80-7178-920-8.
- TAYLOR, AW., JOHNSON, MJ. 2008. *Physiology of exercise and healthy aging*. Champaign : Human Kinetics, 2008. str. 304. ISBN: 978-0-7360-5838-4.

- THOMAS, BJ., CORNISH, BH., WARD, LC. 1992. Bioelectrical impedance analysis for measurement of body fluid volumes: a review. *Journal of Clinical Engineering*. 1992, 17, str. 505.
- TREVELLIN, E., SCORZETO, M., OLIVIERI, M., GRANZOTTO, M., VALERIO, A., TEDESCO, L., FABRIS, R., SERRA, R., QUARTA, M., REGGIANI, C., NISOLI, E., VETTOR, R. 2014. Exercise training induces mitochondrial biogenesis and glucose uptake in subcutaneous adipose tissue through enos-dependent mechanisms. *Diabetes*. 2014, Sv. 63, 2800-2811.
- VILIKUS, Z., BRANDEJSKÝ, P., NOVOTNÝ, V. 2004. *Tělovýchovné lékařství*. Praha : Karolinum, 2004. str. 257. ISBN 80-246-0821-9.
- WESTERTERP, KR., MEIJER, EP. 2001. Physical activity and parameters of aging: A physiological perspective. *Journal of Gerontology*. 2001, 11, stránky 7-12.
- WHELAN, J. 2008. (n-6) and (n-3) Polyunsaturated fatty acids and the aging brain: food for thought. *Journal of Nutrition*. 2008, 138, stránky 2521-2522.
- WILIAMS, MA., STEWART, KJ. 2009. Impact of strength and resistance training on cardiovascular disease risk factors and outcomes in older adults. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2009, 25.
- WILMORE, JH. 1995. Variations in physical activity habits and body composition. *International Journal of Obesity and Metabolic Disorders*. 1995, 19, stránky 107-112.
- YAN, F., ROBERT, M., LI, Y.,. 2017. Statistical methods and common problems in medical or biomedical science research. *International Journal of Physiology, Pathophysiology and Pharmacology*. 2017, 9, stránky 157-163.
- ZAMBONI, M., ROSSI, AP., FANTIN, F., ZAMBONI, G., CHIRUMBOLO, S., ZOICO, E., MAZZALI, G. 2014. Adipose tissue, diet and aging. *Mechanisms of Ageing and Development*. 2014, Adipose tissue, diet and aging, stránky 129-137.

## ELEKTRONICKÉ ZDROJE

*ANTHROPOMETRICINSTRUMENTS* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z <<https://www.anthropometricinstruments.com/kaliper-best-ii-k-501/>>.

*BODYSTAT* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z <<https://www.bodystat.cz/1500> >.

*CELSPAC* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z <<https://www.celspac.cz/index.php?pg=others--vysetreni--dexa>>

*FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU* [online]. [cit. 2020-05-11]. Dostupné z <<https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1602.html>>

*HARPENDEN-SKINFOLD* [online]. [2020-05-11]. Dostupné z <<http://www.harpenden-skinfold.com/measurements.html>>.

*INBODY 720* [online]. [2020-05-11]. Dostupné z <<https://inbody.com/eng/product/inbody720.aspx>>.

*INBODY* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z <<https://www.inbody.cz/dokumenty/results-sheet-interpretation-and-application.pdf> >.

*TANITA* [online]. [cit. 2020-05-09]. Dostupné z <<https://www.tanita.eu> >.

*WHO* [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z <[https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_olderadults/en/](https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_olderadults/en/)>.



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. Souhlas etické komise 3. LF .....	II
Příloha 2. Informovaný souhlas .....	V
Příloha 3. Analýza Calanus .....	X

## Příloha 1. Souhlas etické komise 3. LF

Prof. MUDr. Vladimír Štich, Ph.D.

V Praze, 25. června 2015

Ing. Michaela Šiklová, Ph.D.

MUDr. Eva Krauzová

Ústav tělovýchovného lékařství a Česko-francouzská laboratoř pro klinický výzkum obesity

3. lékařská fakulta UK

Ruská 87

Praha 10, 100 00

**Věc: Souhlas se žádostí o vědecký projekt „Vliv pohybové aktivity a omega 3 mastných kyselin na metabolické zdraví a dysfunkci tukové tkáně u seniorů (EXODYA).“**

Vážený pane profesore,

Etická komise neshledává námítky proti provedení vyšetření popsaných v Protokolu studie a v Informovaném souhlasu v rámci projektu „Vliv pohybové aktivity a omega 3 mastných kyselin na metabolické zdraví a dysfunkci tukové tkáně u seniorů (EXODYA).“

Etická komise rovněž neshledala námítek proti části projektu prováděného partnerem, kterým je ISL (Institut sportovního lékařství).

**Přílohy:**

Protokol studie

Informovaný souhlas

S mnoha pozdravy

Etická komise  
3. lékařské fakulty  
Univerzity Karlovy v Praze  
100 00 Praha 10, Ruská 87

Marek Vácha  
Předseda Etické komise  
3. LF UK, Praha  
Ruská 87  
Praha 10, 100 00



**ETICKÁ KOMISE**  
**FAKULTNÍ NEMOCNICE KRALOVSKÉ VINOHRADY**  
MEDICAL FACULTY OF CHARLES UNIVERSITY

**ROZHODNUTÍ**  
**MULTICENTRICKÉ ETICKÉ KOMISE FAKULTNÍ NEMOCNICE**  
**KRALOVSKÉ VINOHRADY**

**EK-VP/17/0/2015**

**NÁZEV PROJEKTU:**

**„Vliv pohybové aktivity a omega 3 mastných kyselin na metabolické zdraví a dysfunkci tukové tkáně u seniorů (EXODYA):“**

**Navrhovatel:**

**Ing. Michaela Šiklová**  
Ústav tělovýchovného lékařství, 3.lékařská fakulta UK  
Ruská 87, 100 00 Praha 10

**Spoluřešitel za FNKV:**

**Prof. MUDr. Vladimír Štich, Ph.D.**  
II. Interní klinika FNKV, Šrobárova 50, 100 34 Praha 10

Etická komise na svém zasedání **dne 3.6.2015** projednala návrh vědeckého projektu, doloženého následujícími dokumenty:

1. Žádost o schválení
2. Anotace

Na základě hlasování EK vydává

- Souhlasné stanovisko**  
 **Nesouhlasné stanovisko**

Projekt je přínosem pro pacienty.

Zkoušející se hlasování nezúčastnil.

**Hlavní zkoušející je povinen ohlásit EK FNKV datum zahájení a ukončení projektu a zaslat závěrečnou zprávu.**

Seznam členů etické komise:

Jméno:	povolání	přítomnost při jednání EC / hlasoval(a)
předseda etické komise: prof. MUDr. Jan Páchl, CSc.	přednosta Kliniky anesteziologie a resuscitace FNKV	ano / ano
místopředsedkyně etické komise: MUDr. Livia Večeřová	primářka Radiodiagnostické kliniky FNKV	ne / ne
MUDr. Karel Erben	primář Poradny civilizačních chorob	ano / ano
Jarmila Folprechtová	ředitelka kanceláře a členka Grémia Svazu pacientů ČR	ano / ano
Mgr. Libuše Gavlasová	náměstkyně pro ošetrovatelskou péči	ne / ne
Dana Kovandová	tajemnice EK FNKV	ano / ano
Mgr. Petr Mlynář	vedoucí lékárník Ústavní lékárny FNKV	ano / ano
Luboš Olejář	prezident Svazu pacientů ČR	ano / ano
MUDr. Leo Slavkovský	lékař Kliniky anesteziologie a resuscitace FNKV	ano / ano
prof. MUDr. Jiří Štefan, DrSc.	lékař Ústavu soudního lékařství FNKV	ano / ano

Datum vyhotovení: 4.6.2015

Datum a podpis předsedy (místopředsedy) etické komise:

- 4. 06. 2015

  
Prof. MUDr. Jan Páchl, CSc.  
předseda EK FNKV

Razítko:

FAKULTNÍ NEMOCNICE  
KRÁLOVSKÉ VINOHRADY  
Šrobárova 50, 100 34 Praha 10  
ETICKÁ KOMISE

## Příloha 2. Informovaný souhlas

### Informovaný souhlas

*Pro skupinu s intervencí*

#### Vážená paní,

dovolte, abychom Vám nabídli program, který by měl přispět k úpravě metabolických poruch, které jsou často spojeny se stárnutím, nebo snížit riziko vzniku těchto poruch v budoucnosti. Ze zdravotních komplikací u starších lidí je nejčastější cukrovka 2. typu, vysoký krevní tlak, zvýšená hladina tuků v krvi, a kardiovaskulární choroby.

Studie je organizována v rámci mezinárodního výzkumu obezity, na kterém se naše pracoviště, tj. 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, podílí a vychází z projektu IGA- NT 14486 (řešitel Ing. Michaela Šiklová, PhD). Studie byla schválena etickou komisí 3. LF UK.

#### Popis programu:

Nabízený program spočívá v programu pohybové aktivity a podávání výživového doplňku: omega 3 nenasycených mastných kyselin. Níže je uveden podrobný rozpis programu.

#### Základní uspořádání studie:

Do studie budou zařazeny ženy ve věku 65-80 let s nadváhou. Pokud budete mít zájem o účast ve studii, podstoupíte nejprve vstupní vyšetření, při němž bude zjištěna vaše zdravotní anamnéza a budou provedena základní vyšetření (měření váhy, výšky, krevního tlaku, tepové frekvence atd.) a odběr krve pro stanovení základních metabolických ukazatelů (hladina cukru a tuků v krvi, jaterní testy). Po tomto vyšetření budete informována, zda můžete být zařazena do studie.

Pokud budete zařazena do studie, budete absolvovat zde níže popsaná vyšetření. Na tato vyšetření je třeba se dostavit ráno nalačno (!). 48 hod před vyšetřením neprovádějte tělesnou zátěž.

#### Celkový protokol vyšetření:

##### Vyšetřovací den 1: Zátěžové vyšetření

V den vyšetření se dostavíte **nalačno, je možno se napít čisté vody v libovolném množství, nepít kávu či slazené nápoje**. Po příchodu Vám bude provedeno antropometrické měření (výška, váha, obvod pasu a boků). Bude vám změřena glykémie glukometrem z kapilární krve po vpichu jehlou do prstu. Dále vám bude proveden zátěžový test na rotopedu, který je spojen s přístrojem pro měření spotřeby kyslíku. Vyšetření je doplněno průtokovou spirometrií před a po výkonu, kdy vám bude nasazena maska, a vydechované plyny jsou snímány touto maskou. V průběhu vyšetření je také sledováno EKG pomocí elektrod, které Vám budou umístěny na hrudi v oblasti srdce. Současně bude monitorován Váš krevní tlak. Test trvá cca 10 minut a je proveden pod dohledem lékaře.

## Vyšetřovací den 2: Biopsie tukové tkáně a hyperinzulinemický euglykemický klemp

V den vyšetření se dostavíte ráno nalačno, ulehnete na lůžko, bude provedeno **změření množství tělesného tuku metodou bioimpedance (viz zde níže) a poté jehlový odběr podkožní tukové tkáně**. Za 20 minut po odběru bude provedeno měření klidového energetického **výdeje nepřímou kalorimetrií**. Poté bude zahájeno vyšetření metabolismu pomocí **euglykemického klempu**. Každé ze zmíněných vyšetření je popsáno zde níže

1. Po příchodu na naše oddělení vám bude na lůžku **změřeno složení těla metodou bioimpedance**. Jedná se o rutinní metodu měření tělesného tuku. Na vaši ruku a nohu budou přiloženy elektrody obdobné těm, které se používají při vyšetření EKG. Pomocí těchto elektrod se měří elektrický odpor vašeho těla při průchodu proudu o velmi malé intenzitě.

2. Poté bude proveden jehlový odběr, tj. **biopsie podkožní tukové tkáně**, která se provádí v břišní oblasti cca 8-10 cm stranou od pupku, 1-2 cm pod jeho úroveň. V příslušném místě se provede znecitlivění 1% Mesocainem. Dále se v tomto místě vytvoří špičkou skalpelu 1 mm vstup v kůži a tímto místem se zavede jehla s injekční stříkačkou. Stříkačkou se opakovaně aspiruje cca 1-2 g tukové tkáně, poté se dané místo stlačí. Obdobný odběr bude proveden na druhé straně břicha. Odběr je, díky znecitlivění, zcela bezbolestný, citlivá je pouze injekce znecitlivujícího přípravku před vlastní biopsií. Celá biopsie trvá několik minut.

Z komplikací biopsie se může vyskytnout krevní výron v místě biopsie. Z více než 1300 biopsií, které byly na našem pracovišti provedeny, se jednou vyskytl krevní výron, který vyžadoval krátkodobé pozorování na chirurgickém oddělení. Jiné komplikace jsme při mnoha provedených vyšetřeních nezaznamenali.

3. Po provedení jehlové biopsie a 30 minutách klidu v poloze pololeh-polosed budete požádána o ulehnutí na vyšetřovací lůžko. Nad hlavu vám bude umístěn průhledný poklop z umělé hmoty s otvory pro vdechování a vydechování vzduchu. Vydechovaný vzduch je veden hadicí do přístroje, v němž je dále analyzován. Toto vyšetření potrvá 20 minut.

4. Poté vám budou zavedeny kanyly do periferních žil obou horních končetin, budou vám odebrány vzorky krve o celkovém množství cca 35ml. Vyšetření metabolického profilu metodou **euglykemického klempu** slouží k vyšetření schopnosti vašeho organismu využívat a spalovat glukosu. Jedna nitrožilní kanyla bude sloužit k podávání roztoku glukosy a insulínu, druhá k odběrům krve na stanovení hladiny krevní glukosy a insulínu. Rychlost infuze glukosy se mění tak, aby hladina krevního cukru zůstávala po dobu vyšetření ve fyziologických hodnotách (euglykemie). Vyšetření je prováděno vleže a trvá tři hodiny.

## Vyšetřovací den 3: DEXA

Budete absolvovat vyšetření tělesného složení pomocí přístroje Dual emission X ray absorptiometry (DEXA) (přístroj HOLOGIC), které bude probíhat v Endokrinologickém ústavu Praha. Při vyšetření bude v poloze vleže pořízen rentgenový snímek vašeho těla, z něhož bude stanoveno množství tělesného tuku. Postup tohoto vyšetření je zcela stejný jaký se

používám při vyšetření hustoty kostí. Vedlejším výsledkem tohoto vyšetření bude informace o stavu hustoty vašich kostí.

### **Intervence:**

Po těchto vyšetřeních budete absolvovat jednu z následujících intervencí (dle rozhodnutí lékaře):

1) **Cvičení:** Budete absolvovat cvičební program, který bude sestávat z aerobní a silové části. 3x týdně bude prováděn cvičební program v tělocvičně pod dohledem cvičitele vyškoleného v rámci neziskové organizace Senior fitness: v závislosti na zjištěném výkonu Vám bude přesně stanovena intenzita a doba trvání zátěže. Dále dostanete doporučení pohybové aktivity ve zbyvajících dnech týdne. Budete dodržovat svůj obvyklý stravovací režim, tj. nebudete jej měnit po dobu programu. Cvičební program budete dodržovat po dobu 4 měsíců.

2) **Cvičení+doplňk stravy:** Budete absolvovat výše uvedený cvičební program a zároveň užívat doplněk stravy s vysokým obsahem polynenasycených mastných kyselin (MaxiCor, 3tbl denně), který má prokazatelné pozitivní účinky na metabolismus. (Tento přípravek od nás obdržíte zdarma na celé období - 4 měsíců). MaxiCor kapsle byste měla užívat po větším jídle obsahujícím tuky (např. po obědě), aby došlo k lepšímu vstřebávání účinné látky.

3) Obdržíte poučení o doporučené pohybové aktivitě a stravovacím režimu a po dobu 4 měsíců se budete snažit dodržovat tato doporučení.

Všechny tyto intervenční programy budou trvat 4 měsíce. Během celého období budete odborně sledována lékařem a trenérem specialistou (v individuálně stanovenou hodinu podle Vašich možností), s kterými budete moci konzultovat své výsledky. Dále bude sledováno dodržování užívání potravinového doplňku pomocí biochemické analýzy.

Po 4 měsících intervenčního programu budou opět provedena vyšetření, která jsou podrobně popsána výše. Tato vyšetření **musí být provedena dopoledne ve stavu nalačno** a celkově trvají zhruba 6 hodin (za celou dobu programu a následného sledování to tedy znamená 4 prodloužená dopoledne).

V případě, že by Vám v průběhu cvičebního programu byly ordinovány léky, které jste v době zahájení studie neužívala, nebo v případě jakékoli změny v užívání léků, prosíme, abyste se spojila s ošetřujícími lékaři a novou medikací s nimi konzultovala.

Jako kompenzace za čas, který věnujete popsaným vyšetřením, se Vám dostane bezplatného vstupního vyšetření fyzické zdatnosti a stavu pohybového systému. V případě zařazení do skupiny se cvičební intervencí Vám bude poskytnuta bezplatná účast na tomto 4 měsíčním organizovaném cvičebním programu.

V případě zařazení do skupiny s potravinovým doplňkem Vám bude během studie hrazen preparát MaxiCor s vysokým obsahem PUFA, který má prokázané pozitivní účinky na metabolismus.

Na počátku programu pohybové aktivity (pokud budete zařazen do skupiny s pohybovou aktivitou) absolvujete týdenní školení v mimopražském zařízení, během něhož Vás odborní

pracovníci (vyškolení cvičitelé organizace Senior-fitness) naučí jak správně vykonávat pohybové aktivity, které budete provádět po dobu následujících 4 měsíců. Jako náhrada času, který budete věnovat výše uvedeným vyšetřením, Vám bude vyplacena finanční částka (2000-6000 Kč).

Rizika plynoucí z účasti v této studii jsou omezena na dyskomfort spojený s biopsií tukové tkáně (bolestivost anestezie a není vyloučen hematoma v místě odběru) a s odběrem krve. Riziko úrazu v průběhu cvičebního programu je nízké, vzhledem k dohledu školeného trenéra. Rizika spojená s podáváním nutričního doplňku MaxiCor nejsou v současné době známa.

**Prohlášení o dobrovolné účasti.** Vaše účast v této studii je čistě dobrovolná a máte právo svou účast ve studii zrušit kdykoliv bez udání důvodů. Toto rozhodnutí nebude mít žádný dopad na další lékařskou péči, která vám bude poskytnuta v neomezeném rozsahu.

**Ochrana důvěrných dat.** Vzorky krve a tukové tkáně, které Vám budou odebrány, budou zmrazeny a později analyzovány v naší laboratoři nebo ve spolupracujících laboratořích. Všechny odebrané vzorky budou udržovány pod anonymním kódem a mohou být spojeny s výsledky analýz pouze prostřednictvím tohoto kódu. Všechna vaše osobní data budou udržována pouze na našem pracovišti a budou chráněny v souladu s platnou právní úpravou a bude s nimi nakládáno v souladu s předpisy o zdravotnické dokumentaci.

**Kontakty:**

Ústav tělovýchovného lékařství a Česko-francouzská laboratoř pro klinický výzkum obesity 3.  
LF UK, Ruská 87, 100 00 Praha 10  
Prof. MUDr. Vladimír Štich, Ph.D.  
MUDr. Eva Krauzová, email: [eva.krauzova@email.cz](mailto:eva.krauzova@email.cz), tel. 267102324

Vážená paní, budete požádána, abyste podepsala prohlášení potvrzující, že se daného vyšetření účastníte dobrovolně, po náležitém poučení a zodpovězení všech Vašich otázek ze strany lékařů.



### **Informovaný souhlas**

**Potvrzuji níže svým podpisem, že jsem byla seznámena s náplní studie a procedurami, které moje účast ve studii s sebou přináší, a že jsem informacím porozuměla.**

**Studie se účastním dobrovolně.** Jsem seznámena s tím, že mohu kdykoli ukončit svou účast ve studii bez udání důvodu, aniž by tím byla ovlivněna další lékařská péče o mou osobu.

**Jméno a příjmení.....**

**Rodné číslo.....**

**Bydliště.....**

**V.....dne.....**

Podpis:

Podpis výzkumníka:

### Příloha 3. Analýza Calanus



**UNIVERSITY OF  
STIRLING**

Analytical Report Form

---

**Title:**

Fatty Acid and Fatty Alcohol Analysis of Calanus Oil

**Prepared for:**

Eurofins Norsk Matanalyse AS  
Møllebakken 50  
NO-1506 Moss,  
Norway

**Compiled by:**

Nutrition Analytical Service  
Institute of Aquaculture  
University of Stirling  
Stirling  
FK9 4LA  
Telephone +44(0)1786 467997

**Contract number:** 15-EUR-043

**Date of report:** 10-11-15



Company name:	Eurofins Norway AS	Date sample received:	30-10-15
Customer contact name:	Hanne Abildgaard	Date report prepared:	10-11-15
Contract number:	15-EUR-043	No. of samples:	1
P.O. number:	EUNOMO2-00019406	Sample type:	Calanus Oil
Analysis performed:			
	Fatty Acid	Date of test: 04-11-15	
	Fatty Alcohols	Date of test: 04-11-15	
		Date of test:	
		Date of test:	
		Date of test:	
Methods used:			
	LM002.R01		
Report prepared by:			
	James R Dick		

Sample condition (detail any non-conformance): \_\_\_\_\_

Name of approver: James R Dick

Signature:

(Technical Manager)

Date: 10/11/15



**RESULTS**

**Fatty acid composition (% total fatty acids and g FA.g<sup>-1</sup>) of Calanus Oil**

Fatty acid 440-2015-1028-093 CO-15-4201

	%	mg/g lipid
14:0	15.37	69.29
15:0	0.64	2.88
16:0	12.84	57.88
18:0	0.85	3.84
20:0	0.10	0.47
22:0	0.00	0.00
24:0	0.00	0.00
<b>Total saturated</b>	<b>29.80</b>	<b>134.37</b>
16:1n-9	0.00	0.00
16:1n-7	3.80	17.13
18:1n-9	4.32	19.47
18:1n-7	0.52	2.35
20:1n-11	0.50	2.27
20:1n-9	3.63	16.38
20:1n-7	0.07	0.32
22:1n-11	5.06	22.83
22:1n-9	0.38	1.71
24:1n-9	0.58	2.61
<b>Total monounsaturated</b>	<b>18.87</b>	<b>85.08</b>
18:2n-6	1.65	7.42
18:3n-6	0.35	1.60
20:2n-6	0.15	0.69
20:3n-6	0.07	0.33
20:4n-6	0.38	1.71
22:4n-6	0.00	0.00
22:5n-6	0.08	0.37
<b>Total n-6 PUFA</b>	<b>2.69</b>	<b>12.12</b>
18:3n-3	4.38	19.77
18:4n-3	20.50	92.45
20:3n-3	0.10	0.44
20:4n-3	1.49	6.71
20:5n-3	10.98	49.50
21:5n-3	0.48	2.18
22:5n-3	0.54	2.42
22:6n-3	9.26	41.75
<b>Total n-3 PUFA</b>	<b>47.73</b>	<b>215.21</b>
16:2	0.29	1.29
16:3	0.16	0.73
16:4	0.47	2.13
<b>Total</b>	<b>0.92</b>	<b>4.15</b>
<b>Total PUFA</b>	<b>51.33</b>	<b>231.48</b>
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>450.93</b>



**Fatty alcohol composition (% total fatty alcohols and g FA.g<sup>-1</sup>) of Calanus Oil**

Fatty acid	440-2015-1028-093 CO-15-4201	
	%	mg/g lipid
14:0 Fatty alcohol	0.59	4.86
16:0 Fatty alcohol	5.67	46.85
16:1n-7 Fatty alcohol	0.78	6.47
18:0 Fatty alcohol	0.07	0.58
18:1n-9 Fatty alcohol	1.97	16.30
18:1n-7 Fatty alcohol	0.85	6.99
20:1n-9 Fatty alcohol	13.61	112.34
22:1n-9 Fatty alcohol	0.73	6.00
22:1n-11 Fatty alcohol	16.80	138.73
Total Fatty Alcohol	41.07	339.11

Limit of quantification (LOQ) for fatty acid analysis is 0.06%