

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

SEGMENTÁLNÍ ANALÝZA TĚLESNÉHO SLOŽENÍ U SENIOREK

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Tereza Smékalová, Učitelství pro 2. stupeň ZŠ,

tělesná výchova – český jazyk

Vedoucí práce: doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

Olomouc 2018

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Tereza Smékalová

**Název diplomové práce:** Segmentální analýza tělesného složení u seniorek

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii FTK UP Olomouc

**Vedoucí práce:** doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

**Rok obhajoby:** 2018

**Abstrakt:** Tato diplomová práce se zabývá analýzou tělesného složení u seniorek se zaměřením především na vodní kompartmenty. Měření se zúčastnilo celkem 678 žen, které byly dále rozděleny do věkových kategorií: ženy ve věku 50-59 let, ženy ve věku 60-69 a poslední skupinu tvořily ženy starší 69 let. K měření tělesného složení byl využit přístroj InBody 720. Následně byly vybrané parametry tělesného složení analyzovány a porovnávány vzhledem k věku. Mezi vybranými parametry byly: celková tělesná voda, extra- a intracelulární voda, Index Edema 1, Index Edema 2, kosterní svalstvo, celkový tělesný tuk, tukuprostá hmota a segmentální analýza. Nejvíce se hodnoty jednotlivých parametrů lišily u nejstarší skupiny žen (> 69 let). Rozdíly byly signifikantní u všech parametrů kromě tělesné hmotnosti ( $p < 0,05$ ). Výsledky žen ve věku 50-59 let a 60-69 let byly srovnatelné.

**Klíčová slova:** InBody 720, bioelektrická impedanční analýza, seniorky, celková tělesná voda, Edema 1, Edema 2, tuk, tukuprostá hmota

Diplomová práce byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu IGA: FTK\_2017\_004 „Objektivně měřené sedavé chování u starších žen v kontextu somatických ukazatelů a kvality života.

Souhlasím s půjčováním závěrečné písemné práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Tereza Smékalová

**Title of the master thesis:** Segmental analysis of body composition in seniors

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology FTK UP Olomouc

**Supervisor:** doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

**The year of presentation:** 2018

**Abstract:** This diploma thesis describes analysis of body composition in senior citizens focusing mainly on the water compartment. In the measurement there participated 678 females, who were further divided in age categories: females at the age of 50-59, females at the age of 60-69 and the last category were females over 69 age. For the measurement of body composition was used, the device InBody 720. Subsequently, the selected body composition parameters were analyzed and compared with age. Among selected parameters there were: total body water, extra- and intracellular water, Index Edema 1, Index Edema 2, bone muscles, total body fat, non-fatty matter and segmental analysis. Most values of all parameters varied among the oldest group of women (> 69 age). The significant differences were in index Edema 2. The results of women aged 50-59 and 60-69 years were comparable.

**Keywords:** InBody 720, bioelectric impedance analysis, senior, total body water, Edema 1, Edema 2, fat, non-fatty matter

This thesis has been supported by the research grant IGA: FTK\_2017\_004 „Objectively measured sedentary behaviour among elderly woman in context of their somatic indicators and quality of life.

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 20. dubna 2018

.....

Děkuji doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce a RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při zpracování dat. Mé poděkování také patří doktorandu Mgr. Pavlu Markovi, který mi předal cenné rady a zkušenosti. Dále děkuji mé rodině a příteli, kteří mi byli oporou po celou dobu mého studia.

## OBSAH

Úvod .....	7
Přehled poznatků .....	8
Involuční změny .....	8
Tělesné složení .....	10
Modely tělesného složení.....	14
Parametry tělesného složení.....	16
Bioelektrická impedanční analýza (BIA – Bioelectrical Impedance Analysis).....	21
Historie BIA. ....	22
Princip metody BIA. ....	22
Přístroje založené na principu BIA. ....	25
Index tělesné hmotnosti (BMI – Body Mass Index).....	30
Příklady studií zaměřených na involuční změny v tělesném složení .....	32
Změny tělesného složení u osob s určitým typem onemocnění .....	36
Cíle .....	38
Metodika.....	39
Charakteristika výzkumného souboru .....	39
Průběh měření.....	41
Přístroj InBody 720.....	41
Statistické zpracování dat .....	42
Sledované parametry .....	43
Výsledky.....	44
Diskuze.....	54
Závěry.....	58
Souhrn .....	59
Summary .....	61
Referenční seznam .....	63
Přílohy .....	67

## Úvod

Tělo, stejně tak jako myšlení, prochází třemi etapami – růstem, dospělostí a stářím. Během procesu stárnutí dochází v organismu jedince k několika fyziologickým, metabolickým a humorálním změnám. Tyto změny jsou nazývány jako změny involuční. Stárnutí je individuální jev, na jehož charakteru se podílí několik faktorů. Jedná se například o genetické predispozice, aktuální zdravotní stav, anamnézu a životní styl. Právě životní styl může mít velký vliv na kvalitu stáří. V období stáří dochází u mnoha jedinců k rapidnímu snížení spontánní pohybové aktivity, což může mít za následek pohybovou deprivaci a s ní spojené funkční a strukturální změny pohybového systému. Degradace svalové hmoty, ztráta tělesné hmotnosti a dále zvýšení procenta tělesného tuku jsou nejvýznamnějšími projevy stárnutí. Právě úbytek tukuprosté hmoty snižuje celkovou zdatnost starých lidí. Z těchto důvodů je důležité brát v potaz vhodně zvolenou pohybovou intervenci, která má pozitivní vliv na tělesné složení (Štěpánková, Höschl, Vidovičová et al., 2014).

Tělesnému složení je v současné době věnována řada studií. Cílem zájmu o tělesné složení je vyvarování se zdravotním komplikacím a také zkvalitnění života seniorů. Analýza tělesného složení je součástí klinické i nutriční praxe a slouží k získávání informací o celkovém stavu jedince. Existuje několik metod, které umožňují vyhodnocení složení těla z hlediska jednotlivých tkání a orgánů, z hlediska obsahu minerálů, vody a proteinů. Metody se dělí na dvě základní skupiny – terénní a laboratorní metody. Mezi laboratorní metody se řadí denzitometrie, DEXA, hydrostatické vážení, hydrometrie a dále například měření celkového tělesného draslíku. Z terénních metod je to antropometrie, ultrazvuk, infračervená interakce a bioelektrická impedanční analýza, díky nimž je možné získat informace o poměru tělesných tekutin v organismu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Diplomová práce je věnována analýze tělesného složení u žen seniorského věku s využitím metody bioelektrické impedance. Tělesné složení seniorek bylo charakterizováno prostřednictvím přístroje InBody 720. Cílem diplomové práce byla analýza tělesného složení, rovněž i segmentální zastoupení u seniorek zejména se zaměřením na vodní kompartmenty.

## Přehled poznatků

### Involuční změny

Změna tělesného složení je významným parametrem ontogenetického vývoje jedince. Zvláště procento tuku je aktuálně považováno za rozhodující parametr při zjišťování zdravotních rizik (Štěpánková et al., 2014). Snížení procenta tukuprosté hmoty (FFM) a zvýšení tělesné tukové hmotnosti (BFM) jsou považovány za znaky stárnutí člověka. Tyto znaky mohou být využívány k hodnocení invalidity, funkčního stavu a úmrtnosti (Gába & Přidalová, 2014). U žen k těmto změnám dochází ve věku maturus II. (50-59 let), kdy se začíná snižovat sekrece pohlavních hormonů. Deficit estrogenu urychluje akumulaci tělesného tuku a naopak iniciuje úbytek tukuprosté hmoty (Poehlman, 2002; Gába, Riegerová, & Přidalová, 2009). Dle Gáby a Přidalové (2014) byly zaznamenány změny tělesného složení související s věkem zejména po menopauze. Tyto změny negativně ovlivňují nezávislost jedince na okolí. Mají za následek snížení kvality života starých lidí. Možností, jak tyto změny zpomalit, je využití specifické pohybové intervence u cílových skupin seniorů (Štěpánková et al., 2014). Rozdíly v tělesném složení jsou dány odlišnostmi jednotlivých somatotypů, úrovní fyzické aktivity, úrovní výživy a také vlastním procesem stárnutí. V průběhu stárnutí dochází ke změnám morfologickým, týkajících se struktury tkání a orgánů. Dále dochází ke změnám funkčním, sociálním i psychickým (Kubešová, 2006). Dle Kaplanové, Přidalové a Zbořilové (2017) stárnutí ovlivňuje celkový funkční stav. Změny jsou patrné ve složení těla, také v muskuloskeletálním systému, kde se změny nejčastěji projevují ztrátou svalové hmoty a demineralizací kostí.

Výraznou změnou prochází kostní tkáň. Snižuje se hustota minerálů v kosti (BMD, Bone Mineral Density). BMD je posuzována především na základě množství kalcia v kostech. Jednou z možných metod zjištění je duální rentgenová absorpciometrie (DEXA, Dual Energy X-Ray Absorptiometry), která je blíže popsána v kapitole zaměřené na metody měření jednotlivých komponent. Jestliže je hodnota kostní minerální denzity nižší než -1, jedná se o normální výsledek. Pokud se hodnoty nachází v rozmezí -1 až -2,5, hovoříme o tak zvané osteopenii, což značí první stupeň osteoporózy (Vondracek & Linnebur, 2009). Jestliže úbytek kostní tkáně přesáhne hranici standardizované odchylky (-2,5), jedná se o osteoporózu. S přibývajícím věkem v kostech minerálních látek ubývá, kdežto v kloubních chrupavkách i vazech minerální látky přibývají (Gába et al., 2009). Pokles BMD je charakteristickým rysem pro osteoporózu, která často bývá příčinou zlomenin. Nejčastěji se jedná o zlomeniny



proximálního konce stehenní kosti, obratle a o zlomeniny distálního předloktí. World Health Organisation (WHO, 2003) uvádí, že zlomeniny často souvisí s kostní křehkostí (Tabulka 1).

Tabulka 1

*Kritéria pro hodnocení osteoporózy u žen (WHO, 2003)*

Stav	Hodnota BMD
Normální hodnota	$\geq -1$
Nízká hodnota BMD (osteopenie)	$< -1$ a $> -2,5$
Osteoporóza	$< -2,5$
Silná osteoporóza	$< -2,5$ (výskyt fraktur)

*Poznámka. BMD – Bone Mineral Density, hustota minerálů v kosti.*

Další změnou je dle Kubešové (2006) a Bartůňkové (2014) ztráta svalové hmoty, což má za následek snížení síly a fyzického výkonu. Gába, Riegerová a Přidalová (2009) uvádí, že úbytek svalové hmoty taktéž ovlivňuje i bazální metabolismus. Jestliže dojde k úbytku svalové hmoty, hovoříme o tzv. sarkopenii. Peniche, Beatriz, Giorguli a Alemán-Mateo (2015) uvádí, že sarkopenický syndrom je v současné době definován jako stadium charakterizované nízkou svalovou hmotou, nízkou svalovou silou a nízkou fyzickou výkonností. Zadák (2016) považuje sarkopenii za jednu z nejzávažnějších poruch spojenou s nutriční dysbalancí. Uvádí, že sarkopenie je v procesu stárnutí neodlučitelnou složkou. Nejvíce se sarkopenie projevuje ve stáří u tzv. křehkých pacientů. Bartůňková (2014) doplňuje, že u starších osob dochází nejen k úbytku aktivní tělesné hmoty, ale dochází také ke snížení elasticity vazů, svalů, koordinace a síly.

Stárnutí má také vliv na množství celkové tělesné vody (CTV). U kojenců se průměrné množství celkové tělesné vody pohybuje mezi 80 – 85 %, u dětí je to 75 %, u dospělého muže 63 % a u dospělé ženy 53 % (Rokyta et al., 2015). Ve stáří dochází k poklesu tělesné vody pod hranici 50 % (Gába et al., 2009). Dle Kubešové (2006) klesá obsah celkové tělesné vody jako důsledek poklesu obsahu vody uvnitř buněk.

Jsou zřejmé i změny týkající se oběhového systému. Štěpánková et al. (2014) uvádějí, že dochází ke snížení obsahu krve, což má za následek nižší výkonnost kardiovaskulárního systému. Bartůňková (2014) zmiňuje i zvýšenou srážlivost krve, díky čemuž vzniká větší riziko vzniku tromboembolických onemocnění. Dále dochází ke snížení reaktivity imunitního systému (snížení fagocytózy a snížená produkce imunoglobulinů), což způsobuje častější

infekce a možný výskyt nádorových onemocnění. Zhoršuje se srdeční výkonnost. Snižuje se aktivita sinusového uzlíku (snížení maximální srdeční frekvence), dále se snižuje prokrvení a elasticita cévní stěny (zvýšení krevního tlaku). U starších osob je i nižší arteriovenózní difference  $O_2$ . Změny v dýchání jsou spojené se sníženou elasticitou hrudníku, se sníženou utilizací  $O_2$ , se zvýšením reziduálního objemu a s rozšířením alveolů. Dále také dochází ke snížení dynamických plicních objemů (Bartůňková, 2014; Rokyta et al., 2015).

Dle Rokyty et al. (2015) změny spojené se stárnutím způsobují zhoršování všech funkcí organismu a zvyšují riziko vzniku nemocí. Stárnutí definuje jako ztrátu schopnosti adaptace, což má za následek zvýšenou zranitelnost a sníženou vitalitu. Stárnutí chápe jako komplexní biologický proces. Štěpánková et al. (2014) považují stárnutí za významnou etapu lidského života, která je doprovázená změnou životního stylu. Rytmus stárnutí je však individuální jev, na jehož charakteru se podílí řada faktorů: genetické predispozice, aktuální zdravotní stav, anamnéza a životní styl. Kočárek (2010) uvádí, že období stáří (gerontická fáze) začíná přibližně po 60. roce života člověka.

### **Tělesné složení**

Lidské tělo je tvořeno několika odlišnými složkami, které se liší svými strukturálními a chemickými vlastnostmi (Biesalski & Grimm, 2006). Uvádí, že lidské tělo se skládá z lipidů, proteinů, vody a minerálů. Během života každého jedince se mění podíl a množství jednotlivých sloučenin. Tělesné složení je regulováno geny, nutričními faktory a exogenními faktory, mezi něž řadíme pohybovou aktivitu. Mezi další faktory, mající vliv na tělesné složení, patří onemocnění, růst, vývoj a senescence (Riegerová et al. 2006). Tělesná hmotnost, výška a popřípadě jiné antropometrické parametry nepodávají relevantní informace o tělesném složení zkoumaných jedinců. Dvě sledované osoby mohou mít shodné hodnoty těchto veličin, nicméně může dojít k odlišnostem. Rozdíly se mohou projevit v části tělesné hmoty tvořené množstvím tukem (tedy málo aktivními tkáněmi) a v metabolicky maximálně aktivních tkáních, které jsou hlavní částí tzv. tukuprosté tělesné hmoty. Z tohoto vyplývá, že samotná hmotnost těla nepodává informace o hmotnosti kostry, svalstva, tukové tkáně a jiných orgánů. Určení jednotlivých složek je nezbytné pro zjištění aktuálního zdravotního stavu a úrovně výživy (Kopecký, Cymek, Matejovičová, & Charamza, 2013).

Riegerová et al. (2006) zmiňují, že frakcionace hmotnosti na jednotlivé složky poskytuje možnost posuzovat optimální tělesnou hmotnost. Podprůměrnou a nadprůměrnou tělesnou hmotnost lze specifikovat s pomocí somatických indexů. V případě metabolických

onemocnění (anorexie, bulimie), obezity a také v souvislosti s vyšší pohybovou aktivitou, je vyjádření pomocí indexů pouze přibližné. V tomto případě je nutné určení jednotlivých tělesných frakcí. Frakcionaci hmotnosti těla lze chápat ze dvou aspektů. Z prvního hlediska chápeme frakcionaci jako podíl jednotlivých tkání na komplexní hmotnosti těla, tedy jako tělesné složení. Dále z hlediska hodnocení hmotnosti jednotlivých tělesných segmentů jako článků kinematického řetězce. Dle Gáby, Zajac-Gawlac, Přidalové a Pošpiecha (2011) frakcionace tělesného složení vypovídá o fyzické zdatnosti člověka, která je sledována v oborech zabývajících se péčí o zdraví člověka. Využitelnost těchto metod je vnímána ve spojitosti s diagnostikou tělesného tuku, jelikož jeho zvýšené ukládání podmiňuje rozvoj obezity.

Dle Kopeckého et al. (2013) tělesná skladba představuje objektivní kritérium změn nutričního stavu organismu a umožňuje sledovat vzájemné poměry chování jednotlivých skladebních součástí těla při změnách tělesné hmotnosti. Se změnami hmotnosti se mění také vzájemné poměry jednotlivých složek, jako je tukuprostá hmota (FFM) a tuková složka (FM). Tělesné složení lze hodnotit z řady hledisek. Například z hlediska dvou hlavních složek – zásobního tuku a tukuprosté hmoty. Ostatní metody umožňují vyhodnotit složení těla z hlediska jednotlivých tkání a orgánů, z hlediska obsahu minerálů, vody, proteinů, či základních prvků (Kopecký et al., 2013).

V dnešní době existuje několik metod, které slouží ke zjištění tělesné skladby. Rozlišujeme dvě základní skupiny – laboratorní a terénní metody. Laboratorní metody jsou pro terénní praxi náročné z hlediska technického vybavení organizačních možností, nároků na odbornost obsluhy a cenové relace přístrojové techniky. Využívanou laboratorní metodou je denzitometrie, která je založena na dvoukomponentovém modelu lidského těla. V rámci dvoukomponentového modelu se lidské tělo dělí na dvě základní komponenty - tuk (dále jen FM) a tukuprostou hmotu (dále jen FFM). Jednotlivé komponenty mají odlišnou denzitu. Hodnota denzity FM je zcela konzistentní na různých oblastech těla jednotlivce, ale i mezi jednotlivci. Poměrně variabilní je však denzita FFM (Riegerová et al., 2006). Kutáč (2009) uvádí konstantní hodnotu denzity tuku ( $0,9 \text{ g/cm}^3$ ) a hodnotu denzity tukuprosté hmoty ( $1,1 \text{ g/cm}^3$ ). Dle Riegerové et al. (2006) je denzita FFM u dětí, žen a starších osob nižší, než udávaných  $1,1 \text{ g/cm}^3$ . Naopak vyšší hodnota se vyskytuje u černé rasy. Kutáč (2009) doplňuje, že z těchto důvodů jsou postupně vypracovávány populačně – specifické rovnice pro přepočítání denzity na relativní hodnoty podílu tuku v organismu. FM se stanovuje

z komplexní tělesné denzity (dále jen D) s využitím různých rovnic. Některé z těchto rovnic uvádí Riegerová et al. (2006, 35).

$$\text{Brožek (1963) } \% \text{ tělesného tuku} = (4,57/D - 4,412) \cdot 100$$

$$\text{Siri (1961) } \% \text{ tělesného tuku} = (4,95/D - 4,5) \cdot 100$$

$$\text{Lohman (1986) } \% \text{ tělesného tuku} = (2,118/D - 0,78 \cdot W - 1,354) \cdot 100$$

$$\% \text{ tělesného tuku} = (6,386/D + 3,961 \cdot m - 6,090) \cdot 100$$

$$W = \text{denzita vody (0,9937 g/cc)}$$

$$m = \text{kostní minerály}$$

Denzitometrie je vyjádřena vztahem hmotnost = denzita x objem (Kutáč, 2009). Ke zjištění objemu těla existuje několik způsobů. Nejvíce známý je princip využití Archimedova zákona. Je to metoda relativně finančně nenáročná a lze ji kdykoliv opakovat. Tato metoda se využívá nejen ke zjištění složení těla, ale také pro stanovení denzity kostní tkáně. Kopecký et al. (2013, 67) uvádějí, že: „Metoda umožňuje zjistit na základě změření hmotnosti těla pod vodou a na vzduchu, tzv. specifickou hmotnost lidského těla a z ní obsah tuku.“ Riegerová et al. (2006) odhadují chybu denzitometrie, při odhadu podílu tuku, v rozmezí 3-4 %. Doplnují, že i přes všechny nedostatky se denzitometrie považuje za zlatý standard pro hodnocení validity jiných metod.

DEXA (Dual energy X-Ray Absorptiometry – duální rentgenová absorpciometrie) patří také mezi laboratorní metody. Je založena na principu měření diferenciálního ztenčení dvou rtg paprsků. Tyto paprsky procházejí organismem. DEXA rozlišuje kostní minerály od měkkých tkání, které rozděluje na FM a FFM. Laboratorní metoda DEXA tedy vychází ze čtyřkomponentového modelu (kostní minerály, proteiny, tuk a voda). Měření trvá přibližně 5-20 minut (záleží na druhu přístroje). Nevýhodou této metody je vysoká cena a expozice určitému množství rtg záření (Riegerová et al., 2006).

V metodě hydrostatického vážení je využíváno vážení těla pod vodou. Vážení je realizováno na hydrostatické váze, sestavené na principu židle. Z rozdílu hmotnosti na suchu a pod vodou, s korekcí na denzitu a teplotu vody v momentě vážení, je zjišťován objem těla. Při vážení je lidské tělo nadlehčováno vzduchem, který se nachází v plicích a dýchacích cestách člověka. Z tohoto důvodu se vážení provádí v maximálním expiriu a výsledek měření je korigován o objem reziduálního vzduchu. Výpočet podílu tuku vychází z regresivních rovnic (Riegerová et al., 2006; Kutáč, 2009).

Mezi laboratorní metody se řadí i hydrometrie, založená na poznatku, že voda není obsažena v rezervním tuku, ale tvoří relativně fixní frakci tukuprosté hmoty. Celková tělesná hydratace tvoří 73 %. Z tohoto předpokladu se vychází při výpočtu tukuprosté hmoty z celkového objemu vody. Z rozdílu hmotnosti a tukuprosté hmoty se vypočítá množství tuku (Riegerová et al., 2006).

Metoda, určená ke stanovení celkové buněčné masy a tukuprosté hmoty, je založena na poznatku, že draslík je uložen především intracelulárně. Jedná se o metodu měření celkového tělesného draslíku. Při výpočtu tukuprosté hmoty je třeba vycházet z poznatku, že obsah draslíku v tukuprosté hmotě je konstantní veličinou. Udává se, že u mužů je to 2,6 g/kg tukuprosté hmoty a u žen 2,5 g/kg tukuprosté hmoty (Riegerová et al., 2006).

Další laboratorní metodou je pletysmografie, která je realizovaná na principu stanovení objemu těla v hermeticky uzavřeném prostoru vyplněném vzduchem. Jsou měřeny malé změny tlaku vzduchu. Dále dochází k výpočtu objemu těla, a to odpočtem od objemu vzduchu v měřící komoře. Výhodou je přístupnost této metody pro všechny věkové kategorie, jelikož je eliminována potřeba ponoření probanda pod vodu (Kopecký et al., 2013; Riegerová et al., 2006).

Mezi laboratorní metody řadí Riegerová et al. (2006) také neutronovou aktivační analýzu, počítačovou tomografii a magnetickou rezonanci. Magnetická rezonance je nejvyužívanější pro stanovení intraabdominálního tuku. Funguje na principu chování atomových jader jako magnetů. Atomová jádra se při vysílání radiových vln definované frekvence řadí v určitém směru magnetického pole. Jestliže dojde k přerušení vysílání těchto vln, atomová jádra se vracejí do své původní pozice a vysílají absorbovanou energii, kterou je možné měřit (Kopecký et al., 2013; Riegerová et al., 2006).

Jako terénní testy uvádí Riegerová et al. (2006) ultrazvuk, infračervenou interakci a bioelektrickou impedanční analýzu, které je v diplomové práci věnována samostatná kapitola. Dále uvádí antropometrii. Dle Kopeckého et al. (2013) antropometrie, respektive antropometrické metody, tvoří základ pro posouzení nadváhy a obezity, pro zjišťování šířkových, délkových i obvodových rozměrů. Riegerová et al. (2006) dodávají, že při měření vychází z kosterních rozměrů, obvodových měř a v nejvíce případech z tloušťky kožních řas, které jsou měřeny různými typy kaliperů. Z takto naměřených dat je následně možné vyhodnotit řadu indexů, které charakterizují stavbu a proporcionalitu těla. Jedná se o časově i finančně nenáročné metody. Mezi nejčastěji využívané metody v antropometrii patří Index

tělesné hmotnosti (dále jen BMI, Body mass index), WHR index, obvodové rozměry, měření kožních řas kaliperem a frakcionace tělesné hmotnosti podle Matiegky.

### **Modely tělesného složení**

Tělesné složení je dnes chápáno na pěti základních úrovních (modelech). Jedná se o atomický, molekulární, buněčný, tkáňový a celotělový model (Obrázek 2).

#### **Atomický model**

Vychází z hlediska prvků vyskytujících se v organismu. 98 % tělesné hmotnosti je kryto šesti prvky: C, H, O, N, P a Ca. Zbývá 2 % jsou kryta dalšími 44 prvky. Tyto poznatky byly zjištěny při analýzách na mrtvých tělech. Dle Biesalskiho a Grimma (2006) elementární složení u 70 kg muže ukazuje, že 60 % je tvořeno vodou a 16 %, nebo více, tukem. Vedle vodíku, uhlíku, kyslíku a chemických prvků dusíku, vápníku a fosforu, mají největší podíl na tělesné hmotnosti. V lidském těle je mnoho dalších přirozeně se vyskytujících prvků, nicméně jejich význam je často neznámý.

Neutronová aktivační analýza slouží k rekonstrukci 98% tělesné hmotnosti, tvořené různými atomy a prvky (Kopecký et al., 2013; Riegerová et al., 2006).

#### **Molekulární model**

Riegerová et al. (2006) uvádějí, že lidské tělo tvoří 100 000 chemických sloučenin, které jsou tvořeny molekulami, skládající se z 11 hlavních prvků. Mezi hlavní sledované komponenty patří:

$$\text{Hmotnost těla} = \text{lipidy} + \text{voda} + \text{proteiny} + \text{minerály} + \text{glykogen}$$

Celkovou tělesnou vodu lze měřit s pomocí isotopových dilučních metod a minerály skeletu dual-photonovou absorpcí.

#### **Buněčný model**

Tento model je dle Riegerové et al. (2006) spojením molekulárních komponent v buňky. Buněčná úroveň je vyjádřena složením jednotlivých komponent:

$$\text{Hmotnost těla} = \text{BM} + \text{ECT} + \text{RCPL}, \text{ kdy:}$$

$$\text{BM} = \text{svalové} + \text{pojivové} + \text{nervové} + \text{epiteliální buňky}$$

$$\text{ECT} = \text{plasma} + \text{intersticiální tekutina}$$

$$\text{ECPL} = \text{organické} + \text{anorganické látky}$$

Extracelulární a plasmatickou tekutinu je možné měřit isotopovými dilučními metodami, neutronovou aktivační analýzou. Například K a Ca lze měřit neutronovou aktivační analýzou.

### Tkáňově-systémový model

Riegerová et al. (2006) uvádí, že 75% tělesné hmotnosti zastupují tři tkáňové systémy, a to kostní, svalová a tuková tkáň. Díky tomuto systému je možné tělesnou hmotnost definovat:

$$\text{Hmotnost těla} = \text{muskuloskeletální} + \text{nervový} + \text{kožní} + \text{respirační} + \text{oběhový} + \text{zažívací} + \text{vyměšovací} + \text{reprodukční systém}$$

Analýza tkáňově-systémového modelu je realizována pomocí magnetické rezonance, axiální computerizované tomografie. Další možností je sledování pomocí měření 24 hodinového vylučování kreatinu, či obsahu K a Ca neutronovou aktivační analýzou.

### Celotělový model

Standardizovaná antropometrická měření jednotlivých somatických parametrů (tělesná výška, hmotnost, index tělesné hmotnosti (BMI), obvodové, délkové, šířkové rozměry, kožní řasy, objem těla) umožňují analýzu tělesného složení na úrovni celotělového modelu.



Obrázek 1. Modely tělesného složení (Kopecký et al., 2013)

V praxi (klinické a antropologické) je využíván dvou-, tří-, popřípadě čtyřkomponentový model. Dvoukomponentový model je nejvyužívanější díky jeho praktičnosti. Tělo je rozděleno na dva základní komponenty, a to tuk (FM) a tukuprostou hmotu (FFM). Dalším modelem je tříkomponentový, který je rozdělen na tuk, vodu a sušinu (proteiny a minerály). Čtyřkomponentový model specifikuje hmotnost jako tuk + extracelulární tekutina + minerály + buňky.

### **Parametry tělesného složení**

Tuk je ukazatelem zdravotního stavu a tělesné zdatnosti jedince, proto je také nejvíce sledovaným parametrem. Jedná se o variabilní komponentu tělesné hmotnosti, jelikož jeho zastoupení je ovlivnitelné pohybovou aktivitou a výživou. K nárůstu FM (fat mass) dochází na úkor svalové frakce. To vede ke snížení výkonnosti a zdatnosti jedince. Další zvýšení tukové složky může vést ke vzniku chorob (kardiovaskulárních, metabolických, apod.) Naopak pokles tukové složky může zlepšit celkovou tělesnou zdatnost člověka. Avšak při výrazném poklesu zastoupení FM vzniká riziko, které se může projevit různým typem dysfunkce. U žen se tato dysfunkce velmi často projevuje poruchou menstruačního cyklu (Kutáč, 2009). Dle Riegerové et al. (2006) je jisté množství tuku nezbytné pro zachování základních fyziologických funkcí. Zvonař, Duvač et al. (2011) uvádí tuk jako nezbytnou součást lidského těla. Je to z důvodu ochrany kloubů, zajišťování ukládání vitamínů a z důvodu regulace tělesné teploty. Díky této skutečnosti by mělo být cílem každého jedince udržovat zdravý poměr mezi objemem svalové hmoty a objemem tuku v těle.

Dle Zadáka (2008) se distribuce tukové tkáně liší v závislosti na pohlaví. Asi polovina tuku je uložena v podkožní tkáni a druhá polovina se nachází mezi svalovými vlákny kosterní svaloviny v podobě viscerálního tuku.

Dle Riegerové et al. (2006) ke změnám množství podkožního tuku dochází vlivem ontogeneze. V průběhu prvních šesti měsíců dochází k nárůstu tělesného tuku až na 30 % (Butte, Hopkinson, Wong, Smith, & Ellis, 2000). V raném dětství zastoupení podkožního tuku u obou pohlaví klesá. K dalšímu nárůstu dochází v počátcích sexuální diferenciaci (Riegerová et al., 2006; Butte et al., 2000). Rychlost nárůstu tuku je úzce spjata s pohybovou aktivitou, menopauzou, apod. U mužů dochází k nárůstu FM o 0,37 kg/rok, u žen o 0,41 kg/rok (Guo, Zeller, Chumlea, & Siervogel, 1999).



Tabulka 2

*Standardy % FM (Riegerová et al., 2006, str. 50, převzaté od Heyward & Wagner, 2004)*

Standardy % tuku		Věk (v letech)			
Muži	6.17	18-34	35-55	55+	
zdravotní minimum tuku	< 5	< 8	< 10	< 10	
nízká hodnota (podprůměr)	5.10	8	10	10	
střední hodnota (průměr)	11.25	13	18	16	
vysoká hodnota (nadprůměr)	26-31	22	25	23	
obezita	> 31	> 22	> 25	> 23	
Ženy	6.17	18-34	35-55	55+	
zdravotní minimum tuku	< 12	< 20	< 25	< 25	
nízká hodnota (podprůměr)	12.25	20	25	25	
střední hodnota (průměr)	16-30	28	32	30	
vysoká hodnota (nadprůměr)	31-36	25	38	35	
obezita	> 36	> 35	> 38	> 35	

Tabulka 3

*Doporučené procentuální zastoupení tukové frakce u normální populace (Body Composition, www.sport-fitness-advisor.com, 2017)*

Procentuální zastoupení tuku u normální populace			
Věk (v letech)	< 30	30-50	> 50
Ženy	14-21 %	15-23 %	16-25 %
Muži	9-15 %	11-17 %	12-19 %

Tukuprostá hmota (FFM – fat free mass) je tvořena rozdílem mezi celkovou tělesnou hmotností a hmotností tělesného tuku (Kutáč, 2009).

$$\text{FFM} = \text{tělesná hmotnost} - \text{FM}$$

FFM je z 60 % tvořena svalstvem, z 25 % opěrné a pojivové tkáně a zbylých 15 % je tvořeno hmotností vnitřních orgánů. Vzájemný poměr všech těchto složek je variabilní v závislosti na pohybové aktivitě, věku, ale také na exogenních i endogenních faktorech (Riegerová et al., 2006). Dle Kutáče (2009) se jedná o heterogenní komponentu a z hlediska chemického je FFM tvořena především vodou (72-74 %). Dalším prvkem je draslík (u mužů 60-70 mmol/kg, u žen 50-60 mmol/kg). Dle buněčného modelu se FFM skládá z intracelulární (BCM) a extracelulární (ECM) hmoty.

V lidském těle rozlišujeme tři typy svalové tkáně. Jedná se o příčně pruhovanou svalovou tkáň (30 % u žen, 40 % u mužů). Z celkového procentuálního zastoupení kosterního svalstva připadá 56 % na dolní končetiny, 28 % na horní končetiny a zbylých 16 % je uloženo v oblasti hlavy, krku a trupu. Dalšími typy svalové tkáně je srdeční svalovina a hladká svalová tkáň (10 %), (Riegerová et al., 2006; Dostálová & Sigmund, 2017).

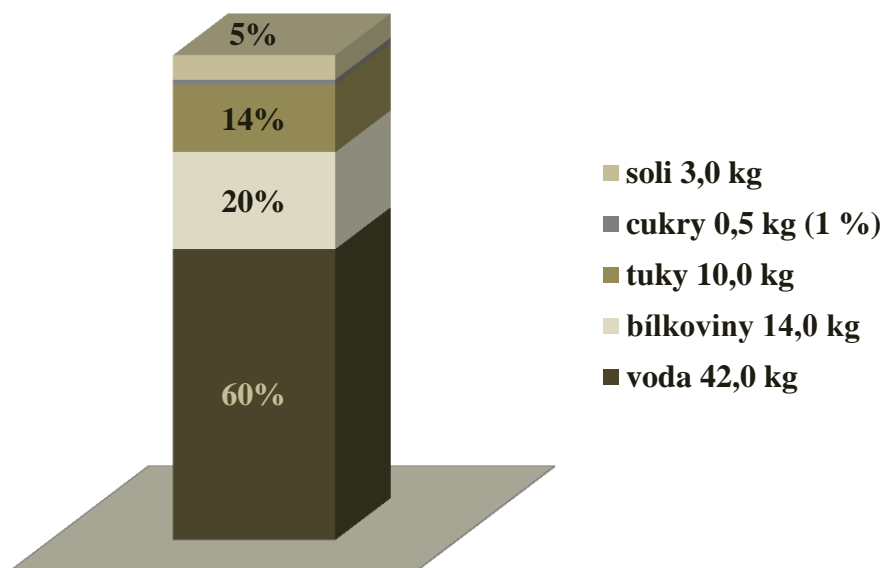
Kosterní svalovina tvoří u novorozenců přibližně 25 % hmotnosti těla a u dospělých jedinců až 40 %. K nejprudšímu nárůstu svalové hmoty dochází u chlapců mezi 15. a 17. rokem, u dívek již kolem 13. roku života. S přibývajícím věkem (u mužů mezi 17. a 40. rokem života, u žen mezi 15. a 60. rokem života) je rozvoj svalstva relativně stabilní. Poté následuje postupný pokles (Riegerová et al., 2006).

Voda tvoří hlavní součást vnitřního prostředí. Celková tělesná voda (dále jen CTV) tvoří 60 % tělesné hmotnosti u mužů, u žen 50 %. U novorozenců představuje množství vody až 77 %. U starých jedinců je procento vody nižší než u mladých (Merkunová & Orel, 2008; Trojan & Schreiber, 2007, Obrázek 2). Dle Riegerové et al. (2006) se nejvíce vody vyskytuje v krvi a dalších tělních tekutinách (91-99 %), dále ve svalové tkáni (75-80 %) a kůži. Menší množství vody je v tukové tkáni (10 %) a v kostech (22 %). V prenatálním vývoji a v prvním roce života se podíl CTV snižuje. Během raného a středního dětství, tedy přibližně do 12. roku života, zůstává podíl CTV relativně konstantní.

CTV je uložena v několika kompartmentech. Jedná se o intracelulární tekutinu (dále jen ICT), která tvoří 40 % tělesné hmotnosti. ICT je uložena v buňkách. Mimo buňky je uložena extracelulární tekutina (dále jen ECT). ECT tvoří 20 % tělesné hmotnosti. Z toho tvoří tkáňový mok (intersticiální tekutinu) a plazmu (intravaskulární tekutinu). Intersticiální tekutina obklopuje buňky tkání a představuje 75 % extracelulární tekutiny (15 % tělesné hmotnosti). Intravaskulární tekutina představuje tekutinu, nacházející se uvnitř cév krevního oběhu a představuje 25 % extracelulární tekutiny, tedy 5 % tělesné hmotnosti (Silbernagl,

Nedbalová, Mlčková et al., 2016). Transcelulární tekutina představuje množství tekutin vyskytujících se v dutinách. Jedná se například o oční komoru, močový měchýř, kloubní štěrbinu a žlučník (Merkunová & Orel, 2008).

Dle Merkunové a Orla (2008) slouží kompartmentová analýza k měření objemu jednotlivých oddílů CTV. Látka se vpravuje do krve žilní cestou, dále jednotlivé molekuly látky pronikají stěnou vlásečnic i buněčnou membránou. Právě tyto vlastnosti umožňují, aby se látka v CTV rovnoměrně rozptýlila. Z rozředění látky v krvi je možné vypočítat objem, ve kterém se rozptýlila. Tímto způsobem tedy získáme údaje o CTV. V případě, že je buněčná stěna pro danou látku nepropustná, se látka rozptýlí pouze v ECT. Její objem vypočítáme obdobně jako v předchozím případě, a to z rozředění látky v krvi. Jestliže je nám znám objem CTV a ECT, je možné vypočítat objem ICT. Objem plazmy získáme po podání látky, která neproniká stěnou vlásečnic.



Obrázek 2. Složení těla dospělého člověka s hmotností 70 kg (Trojan & Schreiber, 2007)

Složení ECT i ICT se liší. Výrazné rozdíly jsou v zastoupení některých iontů. Předním kationtem v ICT je  $K^+$  (140-160 mmol/l), v ECT je hlavním pozitivním nábojem  $Na^+$  (138-148 mmol/l). Dalším rozdílem se objevuje i v množství  $Ca^{2+}$  iontů. V ICT je množství  $Ca^{2+}$  iontů velmi nízké. Právě neregulovatelný růst vápníku v buňce signalizuje stárnutí buňky. Negativní náboj v ICT představuje vysoké zastoupení fosfátů (100 mmol/l). V ECT se jedná pouze o 2

mmol/l. Hlavním negativním nábojem ECT je  $\text{Cl}^-$  (110 mmol/l). V ICT jen 10 mmol/l (Merkunová & Orel, 2008).

Dle Zvonaře et al. (2011) je voda v lidském těle nejdůležitější živinou ihned po kyslíku. Voda má významnou úlohu téměř ve všech činnostech lidského těla. Reguluje tělesnou teplotu, poskytuje živiny celému tělu, čistí a zvlhčuje pokožku, zlepšuje zaživací procesy, zabraňuje stárnutí a zajišťuje mazání kloubů. Pitný režim je nezbytný, jelikož každá činnost lidského těla se děje v součinnosti s vodou.

Lidský organismus udržuje rovnováhu mezi příjmem a výdejem tekutin. Má důležitou funkci při udržování homeostázy, což je udržování stálosti vnitřního prostředí. Denní příjem a výdej vody se u dospělého člověka pohybuje okolo 2,5 litru vody. U kojenců je příjem i výdej vody výrazně vyšší (50 % ECT, cca 700 ml). Lidské tělo získává tekutiny v podobě nápojů a jako součást potravin. K tomu ještě 300 ml vody vzniká při spalování živin v tkáních, jedná se o metabolickou vodu. K výdeji vody z organismu dochází při odpařování, tedy kůží (cca 500 ml/ den). Dále formou par ve vydechovaném vzduchu (cca 300 ml/den), močí (1,5 l), a stolicí (200 ml). Člověk tedy za jeden den ztratí přibližně 2,5 litru vody (Merkunová & Orel, 2008; Trojan & Schreiber, 2007).

Jestliže dojde k nedodržení vodní rovnováhy, organismus aktivuje mechanismy, jejichž úkolem je zabránit narušení homeostázy. Při nedostatečném příjmu tekutin, při zvýšeném pocení a při opakovaném zvracení, nebo průjmu, dochází k nedostatku množství vody v těle, tzv. dehydrataci. Tento stav zapříčiní změnu fyzikálně-chemických vlastností ECT. Jedná se o zahuštění krevní plazmy, díky čemuž narůstá množství obsažených látek. Výsledkem je zvýšená osmolalita. Zvýšená osmolalita je signálem pro osmoreceptory v hypotalamu, které stimulují produkci antidiuretického hormonu (dále jen ADH) ze zadního laloku podvěšku mozkového. V rámci působení ADH se voda začne vstřebávat z ledvinových kanálků nazpět do krevního oběhu. Tímto dochází k zvýšení objemu tělní vody a krevní plazmy. Snížení objemu CTV a s tím spojené dráždění osmoreceptorů, vede k pocitu žízně. V tomto důsledku člověk zvýší příjem tekutin. Organismus, respektive ledviny, na tento stav reagují snížením tvorby moče a jejím zahuštěním. Opakem dehydratace je tzv. hyperhydratace, což je stav nadbytku CTV. V tomto případě klesá osmolalita plazmy, klesá i výdej ADH, přičemž je zabráněno zpětnému vstřebávání vody do krevního řečiště. Přebytečná voda odchází z těla v podobě velkého množství moči (polyurie), kdy je v moči obsaženo minimum odpadních

látek. V důsledku tohoto stavu klesá i pocit žízně (Merkunová & Orel, 2008; Trojan & Schreiber, 2007).

V případě, že dojde k přílišnému hromadění tekutiny v tkáních, buňkách či orgánech, může dojít k poruše jejich funkcí. Jedná se o otok neboli edém. Rozlišujeme extracelulární a intracelulární edém. Extracelulární edém znamená hromadění vody v intersticiu. Vznik extracelulárního edému může být zapříčiněn několika skutečnostmi, které se často kombinují. Může se jednat o vzestup hydrostatického tlaku krve na venózním konci kapilár, o pokles onkotického tlaku krve, o zvýšenou permeabilitu krevních kapilár, o sníženou lymfatickou drenáž, či o nadměrný obsah sodíku a vody v celém těle. Edémy lze dělit na pitting a non pitting edém. Jestliže se nachází v intersticiu volná voda, vznikne edém, který při působení zevního tlaku tvoří dolíčky, tedy pitting edema. Jedná se například o edém, který vznikne při zvýšeném tlaku v žilách. Edém, který netvoří dolíčky (non pitting edema), vzniká za podmínky, kdy se v intersticiu nachází osmoticky aktivní částice. Tento edém je pevný a voda je vázána. Dále se jedná o edém celkový a lokalizovaný. Je známo, že některé lokalizované edémy zapříčiňují smrt (otok mozku, otok plic). Intracelulární edém se často projevuje neurologickými problémy a většinou bývá okem neviditelný. Příčinou lymfatického edému bývá nedostatečný lymfatický odtok. Lymfatický odtok může být poškozen například infekcí, zejména v tropických zemích (Egypt), nebo jeho porušení může být zapříčiněno nádorem, kterým neodtéká lymfa z intersticia a výsledkem je nárůst onkotického tlaku (Rokyta et al., 2015).

### **Bioelektrická impedanční analýza (BIA – Bioelectrical Impedance Analysis)**

Bioelektrická impedanční analýza je dostupnou, terénní, bezpečnou a rozšířenou metodou po celém světě. Tuto metodu lze využít pro stanovení konkrétních parametrů u zdravých jedinců, ale i u lidí s různými klinickými diagnózami (Riegrová et al., 2006). BIA má oproti jiným metodám několik výhod. Jedná se o bezpečnou, rychlou, snadno proveditelnou metodu, která vyžaduje minimální školení operátora. Díky těmto charakteristikám se stala velmi rozšířenou metodou v nemocnicích, zdravotních centrech, ve fit centrech a také v oblasti studií (InBody.cz, 2017). Pluncevic, Gligoroska, Todorovska, Mancevska, Karagjozova, & Petrovska (2016) uvádí, že metoda BIA je využívána ve sportovní antropometrii od roku 1980. Gába et al. (2011) uvádí, že se jedná o velmi dostupnou a zároveň i přesnou metodu, která umožňuje diagnostikovat zastoupení tělesných

frakcí u různých populačních skupin, a to v laboratorních i terénních podmínkách. BIA je metodou, při níž je zaveden elektrický proud do těla (InBody.cz, 2017).

### ***Historie BIA.***

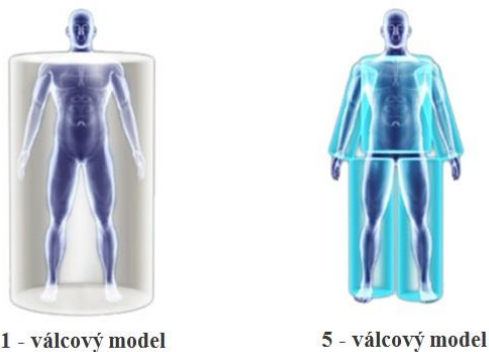
Historie bioimpedanční analýzy počíná rokem 1786, kdy italský fyzik Galvani sledoval působení elektrického proudu na strukturu tkání žáby. Lékař Thomasset byl přesvědčen, že tělo klade při průchodu elektrického proudu odpor, který závisí na složení těla a spolu se svými kolegy vyvinuli jeden z prvních analyzátorů pro měření impedance na biologických tkáních (Dorhöfer & Pirlich, 2007). Dle Kyle et al. (2004) Thomasset provedl původní studie s použitím měření elektrické impedance jako index celkové tělesné vody (TBW) za použití dvou subkutánně vložených jehel. Dále uvádí, že elektrické vlastnosti tkání byly již popsány v roce 1871. Popis těchto vlastností byl dále rozšířen o větší množství tkání, a to včetně poškozených tkání, dokonce i tkání, které se po smrti postupně mění.

V roce 1970 představil techniku bioimpedanční analýzy, tak jak ji známe dnes, americký badatel Nyboer. Jako první využíval čtyř-elektrodový analyzátor a podařilo se mu dokázat, že pomocí impedance je možné odvodit tělesné složení (Dorhöfer & Pirlich, 2007). Během dalších let došlo k rozvoji této metody. Začala být světově uznávanou v oblasti nutriční medicíny i antropologie. Na trhu byly dostupné monofrekvenční analyzátoři a v devadesátých letech se začaly objevovat i multifrekvenční analyzátoři (Kyle et al., 2004; Dorhöfer, & Pirlich, 2007). V současné době dochází ke zdokonalování přístrojů a k využívání BIA v širších spektrech populace.

### ***Princip metody BIA.***

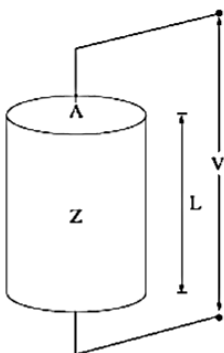
Princip metody spočívá v rozdílném šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách. Bioelektrickou impedanční metodou je možné měřit složení těla na podkladě stanovení odporu těla při průchodu proudu o nízké intenzitě a o vysoké frekvenci. Přístroje pracující na principu bioelektrické impedance měří impedanci vody v těle. Dle Riegerové et al. (2006) tukuprostá hmota obsahuje vysoký podíl vody a elektrolytů, proto je dobrým vodičem. Hodnota impedance tkání, které jsou dobrým vodičem, bude nízká. Naopak u tkání, které se chovají jako izolátor (tuková tkáň), bude hodnota impedance vyšší. V rámci bioelektrické impedance je tělo bráno jako jeden válec. U segmentální analýzy je tělo rozloženo na 5 válců, kde 4 válce jsou tvořeny horními a dolními končetinami a poslední válec je tvořen trupem (Obrázek 3). Výhodou segmentální analýzy je, že měří impedanci těchto jednotlivých částí samostatně. Umožňuje tedy měření

tělesné vody a tukuprosté hmoty v jednotlivých segmentech, což přidává na její přesnost, jelikož měřená hodnota určitého segmentu neovlivňuje měření jiných segmentů.



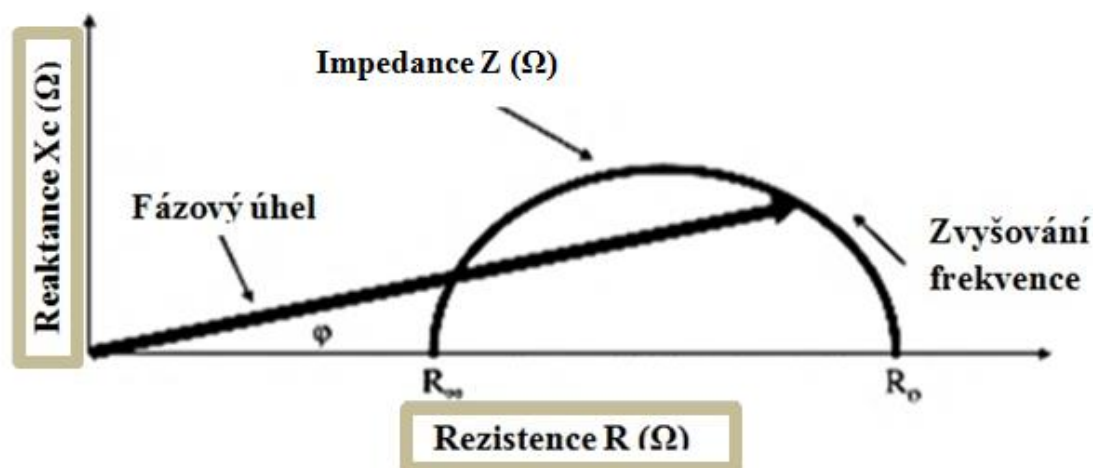
Obrázek 3. Lidské tělo složené z pěti segmentů (InBody.cz, 2017)

Bioelektrická impedance (tedy hodnota odporu tkáně,  $Z$ ), je nepřímo úměrná odporu tkáně, kterou proud prochází (Riegrová et al., 2006). Impedanci ( $Z$ ) lze vypočítat měřením proudu ( $I$ ) a napětí ( $U$ ), dle Ohmova zákona ( $R = V/I$ ). Objem ( $V$ ) roztoku v trubici je možné změřit tak, že vynásobíme plochu ( $A$ ) délkou trubice ( $L$ ). Jelikož výška je již dána, je nutné vypočítat plochu trubice, abychom zjistili objem ( $V$ ) roztoku v trubici:  $V = A \cdot L$  (Obrázek 4). Impedance je úměrná k výšce, či délce a nepřímo úměrná k ploše. S použitím konstanty úměrnosti  $q$  (specifický odpor), je možné impedanci vypočítat takto:  $R = q \cdot L/A$ . S použitím předchozího vzorce může být vzorec pro výpočet plochy:  $A = q \cdot L/R$ . Pakliže dosadíme tento vzorec pro výpočet plochy do vzorce prvního, tedy pro objem roztoku v trubici, je možné počítat objem z jeho impedance a výšky trubice:  $V = q \cdot L/R = q \cdot L^2/R$ . Objem roztoku v trubici tedy lze vypočítat použitím výšky trubice a její impedance. Pro výpočet objemu proto využijeme tělesnou výšku (výšku válce) a naměřené impedance jedince. Díky zjištěnému objemu je možné vypočítat hmotnost tuku a svalové hmoty (InBody.cz, 2017).



Obrázek 4. Fyzikální základ bioelektrické impedance metody (InBody.cz, 2017)

Dle Kyle et al. (2004) termín impedance ( $Z$ ) znamená celkový odpor, který je složen ze dvou částí. První z nich je rezistence ( $R$ ), vznikající v důsledku působení extracelulární a intracelulární tekutiny. Další je reaktance, tedy kapacitní odpor ( $X_c$ ), který vzniká v důsledku působení buněčných membrán. Určení těchto dvou komponent umožňuje tak zvaný fázový úhel, často značený jako  $\alpha$  či  $\varphi$  (Obrázek 5).



Obrázek 5. Schéma fázového úhlu – rezistence, reaktance, impedance a frekvence aplikovaného proudu (Kyle et al., 2004)

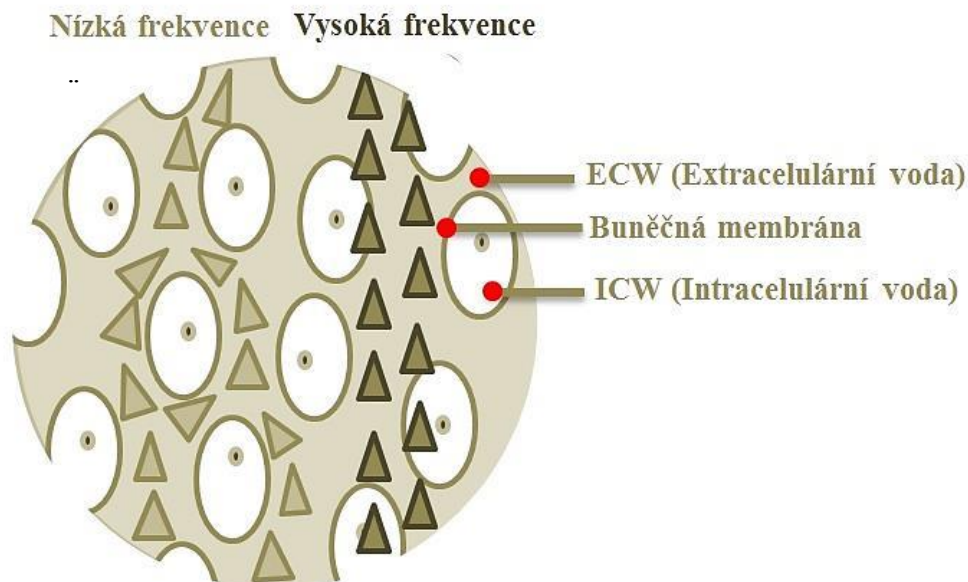
Přístroje pro měření BIA zjišťují s pomocí impedance celkovou tělesnou vodu (Total body water, TBW). Tukuprostá hmota (Fat free mass, FFM) je zjištěna z rovnice:  $FFM = TBW \cdot 0,732^{-1}$ , kdy hodnota 0,721 (tedy 73,2 %) představuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty u dospělých jedinců. U dětí je hodnota hydratace vyšší. S věkem klesá podíl objemu extracelulární vody (ECW) na celkové tělesné vodě (TBW), naopak podíl intracelulární vody (ICW) zvyšuje svůj objem. Tukuprostá hmota je složena z intracelulární hmoty (BCM) a z extracelulární hmoty (ECM). BCM je zjištěna z tukuprosté hmoty vztahem:  $BCM = FFM \cdot \alpha$ . konstanta ( $\alpha =$  fázový úhel). ECM, tedy množství tukuprosté hmoty uložené mimo buňky je dáno vztahem:  $ECM = FFM - BCM$ . Index ECM/BCM je důležitým parametrem pro hodnocení stavu výživy jedince. Hodnota indexu 0,7-0,8 odpovídá optimálnímu stavu výživy. Muži mají nižší hodnoty než ženy. Trénovaní jedinci mají nižší hodnoty indexu než netrévaní. Jestliže dosahuje index hodnoty  $> 1,0$ , je využitelnost tukuprosté hmoty pro svalovou práci nízká.



### ***Přístroje založené na principu BIA.***

Pro měření bioelektrické impedanční analýzy je vyráběna řada přístrojů, využívajících excitační proud 800  $\mu$ A s frekvencí 50 kHz (Riegerová et al., 2006). Monofrekvenční zařízení využívají pouze jednu frekvenci, a to 50 kHz. Hlavní nevýhodou těchto přístrojů je posouzení objemů intracelulárních a extracelulárních tekutin. Právě extracelulární tekutina se určuje s pomocí nízkofrekvenčních proudů (50 kHz). Naopak pro měření intracelulární tekutiny je potřeba využít vysokofrekvenčního proudu (200 kHz). Vyspělejší zařízení měří odporovou složku na frekvencích v rozsahu 1- 1 000 kHz (Gába et al. (2011). Proud není pro lidské tělo škodlivý. Přístroje InBody využívají pro měření BIA malý střídavý proud, který byl v roce 1996 v American Journal of Clinical Nutrition označen jako bezpečný při aplikaci na lidské tělo (InBody.cz, 2017).

V odborných studiích se využívá tetrapolárních přístrojů pro stanovení bioelektrické impedanční analýzy, kdy jsou k dispozici čtyři elektrody. U ležícího člověka jsou dvě elektrody umístěné na dolní končetině a zbylé dvě na horní končetině. Naopak v komerční sféře je využíváno spíše bipolárních přístrojů, které jsou označovány jako ruční. V tomto případě probíhá elektrický proud pouze v horní části těla. Dále jsou to přístroje bipedální (nožní). U těchto přístrojů probíhá elektrický proud pouze v dolní části těla. V případě určení extracelulárních a intracelulárních objemových složek vody je nezbytné využít multifunkční zařízení. Tato zařízení umožňují změřit kapacitní i odporovou složku, tedy komplexní bioimpedanci. Kombinace multifrekvenční bioimpedanční spektroskopie, tedy dnes nejpokročilejší varianty bioimpedanční analýzy, je v dnešní době jedinou metodou umožňující kvantitativní hodnocení hydratace. Multifrekvenční BIA technologie měří impedanci na různých frekvencích. Jedná se o využití širokopásmových frekvencí v rozmezí 1 kHz – 1000 kHz. Nižší frekvence proudí přes vnější buněčné membrány, ale vyšší frekvence jsou schopné proniknout buněčnou membránou (Obrázek 6). Díky těmto frekvencím lze odhadnout množství ECW, ICW a TBW (Tanita-eshop.cz, 2016) Přístroje měřící pouze odporovou složku (rezistence), nejsou schopny určit extracelulární a intracelulární vodní poměr (Riegerová et al., 2006).



Obrázek 6. Multifrekvenční BIA technologie – průchod elektrického proudu (Tanita-eshop.cz, 2016)

Přístroje pracující na principu bioelektrické impedanční analýzy pracují poměrně často s odlišnými parametry, což může mít za následek variabilitu výsledků. Hlavním činitelem, díky němuž dochází k ovlivnění přesnosti měření, patří predikční rovnice. Tato rovnice by měla brát v potaz specifika konkrétní populační skupiny – věk, pohlaví, množství tělesného tuku, a jiné. Při použití ženevské rovnice bylo u starších jedinců dosaženo výsledků, jejichž síla asociace s referenční metodou byla velká. Dalším faktorem, který ovlivňuje přesnost měření, se považuje počet frekvencí elektrického proudu. Frekvence elektrického proudu je stěžejním parametrem pro posouzení objemu celkové tělesné vody v těle, který je základní proměnnou pro výpočet tukuprosté hmoty (Gába et al., 2011).

Jednou ze společností, která se zabývá analýzou tělesné kompozice je InBody. V této oblasti je světovým lídrem. Dr. Kichul Cha na počátku 90. let, během doktorského studia na Harvardské lékařské fakultě, došel k závěru, že výsledky analýzy bioelektrické impedace (BIA) byly nepřesné. Poukázal na skutečnost, že různé části těla mají různé úrovně impedance. Z důvodu přesné analýzy složení těla je třeba, aby lidské tělo bylo analyzováno dle jednotlivých segmentů namísto celku. Vyvinul metody, které změnil měření BIA a vytvořil InBody. Následně v roce 1996 založil společnost InBody Co., Ltd. v Soulu (Korea). Model InBody využívá osmibitovou metodu taktické elektrody, díky níž je možné přesné měření jednotlivé tělesné kompozice a je vybaven analýzou přímého segmentu s více frekvencemi. O čtyři roky později založila společnost InBody Co. Ltd svou první zahraniční společnost ve Spojených státech. Dále InBody pokračovala založením společnosti v Japonsku

a Číně. InBody má síť partnerů ve více než šedesáti zemích po celé Severní Americe, Evropě, Asii, Středním východě a Africe. Výsledky z přístrojů InBody umožňují sledovat a následně udržovat zdravý životní styl. Přístroje InBody jsou využívány v široké škále výzkumných i odborných oborů (InBody, 2014).

### **InBody 270**

InBody 270 je novinkou roku 2016. Jedná se o plně bezdrátový tetrapolární přístroj. Přístroj využívá technologii DSMF-BIA, což zajišťuje přesnější i rychlejší měření. Během procesu měření je k dispozici hlasová navigace. Měření trvá přibližně 15 sekund a pracuje za použití 2 různých frekvencí (20 kHz a 100 kHz) na každém z pěti segmentů. Díky InBody 270 je možné zjistit složení těla, BMI, segmentální analýzu svaloviny, segmentální analýzu tuku, Fitness skóre, WHR index, viscerální tuk v cm<sup>2</sup>, apod. (InBody.cz, 2018).

### **InBody 370**

Jedná se taktéž o tetrapolární přístroj využívající osmi bodový dotykový systém elektrod. Měření impedance probíhá za použití 3 frekvencí (5 kHz, 50 kHz, 250 kHz). Doba měření u InBody 370 je přibližně 35 sekund. InBody 370 může měřit jedince vážící od 10-250 kg a jedince ve věku od 3-99 let. Výsledky měření podávají informace o celkové vodě, hmotnosti tuku, tukuprosté hmotě, BMI, procentuálním zastoupením tukové složky, segmentální analýze svaloviny, obvodech těla (InBody.cz, 2018).

### **InBody 370s**

Přístroj využívající metodu multi-frekvenční bioelektrické impedance (metoda DSMF-BIA). Měření probíhá s pomocí tří různých frekvencí (5 kHz, 50 kHz, 250 kHz) na každém z pěti segmentů těla. Doba měření je 15 sekund. Přístroj InBody 370s podává výsledky o celkové vodě, proteinech, kostních minerálech, tukové hmotě, kostní i svalové hmotě, tukuprosté hmotě, váze, obvodech končetin dle nastavení, BMI, procentuálním podílu tělesného tuku, poměru pasu k bokům (WHR), svalové hmotě v jednotlivých částech těla (InBody.cz, 2018).

### **InBody 570**

Měření na tomto přístroji trvá přibližně 50 sekund. Mohou být měřeny osoby s váhou 10-250 kg a ve věku 3-99 let. Přístroj využívá technologii DMS-BIA a měří za využití tří

různých frekvencí (5 kHz, 50 kHz, 250 kHz). Díky InBody 570 zjišťujeme informace o celkové vodě, proteinech, kostních minerálech, tukové hmotě, kostní a svalové hmotě, tukuprosté hmotě, váze, BMI, procentuálního podílu tělesného tuku, poměru pasu k bokům (WHR), oblasti tělesného tuku s možným růstovým grafem pro jedince pod 18 let. Dále podává informace o nutriční diagnóze, tělesné vyváženosti, tělesné síle (InBody.cz, 2018).

### **InBody J30**

Tetrapolární přístroj využívající 8 bodový systém elektrod. Měření na tomto přístroji trvá 50 sekund. Impedance se zjišťuje za použití tří různých elektrod (5 kHz, 50 kHz, 250 kHz). Společnost InBody doporučuje přístroj zejména do školství a nemocnic, a to z důvodu integrovaného výškoměru. Výstupní analýza podává informace o VFA útrobním tuku, BMI, procentuálnímu podílu tělesného tuku, poměru pasu k bokům (WHR), svalové hmotě v jednotlivých segmentech, obsahu tělesného tuku, nutriční diagnóze, celkové vodě, proteinech, tukové hmotě, kostní i svalové hmotě, tukuprosté hmotě a váze (InBody.cz, 2018).

### **InBody S10**

Jedná se o přístroj, který byl navržen speciálně pro pacienty s dialýzou, dále pro imobilní pacienty, či pro pacienty po operacích. InBody S10 je velmi přesným modelem, který poskytuje komplexní analýzu pro sledování stavu výživy (Obrázek 7). Přístroj je vybaven statickými i lepícími elektrody (pacienti na lůžku). K měření impedance využívá 6 frekvencí (1 kHz, 5 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1000 kHz), k měření reaktance používá 3 frekvence (5 kHz, 50 kHz, 250 kHz). Doba měření trvá méně než 2 minuty (InBody.cz, 2018).



*Obrázek 7. Přístroj InBody S10 (InBody.cz, 2018)*

## **InBody 770**

Elegantní přístroj InBody 770 je určen do ordinací, soukromých klinik, ale i pro lékařský výzkum. Je to přístroj využívající přímé analýzy segmentové multi-frekvenční bioelektrické impedance (SMF-BIA). Pro měření impedance využívá 6 frekvencí 1 kHz, 5 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1000 kHz) a pro měření reaktance 3 různé frekvence (5 kHz, 50 kHz, 250 kHz). InBody 770 je tetrapolární přístroj s osmi bodovým systémem elektrod (InBody.cz, 2018).

Společnost InBody však není jedinou společností zabývající se analýzou tělesné kompozice. O tuto problematiku se dále zajímá firma Bodystat Ltd., Tanita, Multiscan a další.

## **Multiscan 5000**

Multiscan 5000 je jeden z nejlepších přístrojů bioelektrické impedanční spektroskopie (BIS), za jehož vznikem stojí firma Fitsport-komplex s.r.o. zaměřující se na diagnostiku lidského těla. Jedná se o rodinnou firmu, která je distributorem firmy Bodystat Ltd. Pro měření využívá 50 frekvencí v rozsahu od 5 kHz do 1000 kHz. Jedná se o lehký a přenosný přístroj s dobíjecími bateriemi. Je zde možnost segmentálního měření pomocí Prediction Markeru. Přístroj je vybaven Wifi s rozhraním pro komunikaci s PC. Měření probíhá během několika sekund. Multiscan 5000 měří následující parametry: % BF, BFM, FFM, % TBW, ATH, SMM, BCM, BMR, BMI, FFMI (Bodystat.cz, 2016).

## **Tanita RD-545**

Tanita RD-545 je velmi přesný analyzátor tělesné analýzy. K dispozici je na internetovém obchodě japonské značky Tanita, kde je zboží dodáváno z oficiální české distribuce, díky čemuž je možné, v případě problému, využít český autorizovaný servis. Je srovnatelný s přístroji, které se využívají v lékařském prostředí. Využívá 8 elektrod (paže, dolní končetiny a trup jsou měřeny zvlášť). Přenos dat se uskutečňuje pomocí bluetooth smart. Tanita RD-545 využívá komunikaci s mobilním zařízením Anroid. Přístroj měří svalovou hmotu, procento vody v těle, viscerální tuk, procento tělesného tuku, tělesnou hmotnost a BMI (Tanita-eshop.cz, 2018).

## **Quadscan 4000**

Quadscan 4000 je dalším přístrojem firmy Bodystat Ltd. Tento přístroj využívá frekvence 5, 50, 100 a 200 kHz. Měření se může provádět u lůžka. Jeho použití je snadné a spolehlivé. Quadscan se zaměřuje na tyto parametry: BMR, tělesný tuk, extra- a

intracelulární tekutina, hmotu tělesných buněk, celkovou tělesnou vodu, BMI, FFM (Bodystat.cz, 2016).

### **Index tělesné hmotnosti (BMI – Body Mass Index)**

BMI je míra relativní váhy, která je založená na výšce a hmotnosti jedince ( $BMI = \text{hmotnost (kg)} / \text{tělesná výška (m}^2\text{)}$ ). Výpočet BMI indexu určuje optimální tělesnou hmotnost člověka. Dle Světové zdravotnické organizace (WHO, 2011) BMI nižší než 18,5 naznačuje nedostatečnou hmotnost, tedy stav podvýživy. Naopak BMI vyšší než 25 indikuje obezitu (Tabulka 4). Tyto hodnoty jsou platné pouze pro kategorii. Dle Riegerové et al. (2006) BMI umožňuje posoudit správnou hmotnost a informuje o stavu výživy. Z pohledu fyzikálního BMI vyjadřuje plošnou hustotu, kterou zaujímá hmotnost těla ve čtverci o straně rovné tělesné výšce. Index tělesné zdatnosti v dospělosti i v dětství koreluje s celkovým tělesným tukem. Uvádí se, že tento index má těsný vztah s nemocností i úmrtností nejvíce ze všech používaných indexů. V tabulce 4. je uvedena kategorizace hodnot BMI, na jejichž základě je následně hodnocena hmotnost jedince. Je však nutné zmínit, že u dětí nelze v žádném případě používat stejné hodnocení jako u dospělých osob. Z tohoto důvodu byly vypracovány růstové sítě hodnocení BMI u dětí a mládeže od narození až do 18. roku života. Jedná se o percentilové grafy BMI, které jsou uvedeny v Tabulce 5 (Vignerová & Bláha, 2001). Index tělesné hmotnosti se u dětí i u dospívajících mění v závislosti na věku a stupni pohlavního dozrávání. Studie Kopeckého, Bezděkové a Hřivnové (BMI a jeho vliv na zdatnost oběhového systému u mládeže ve věku 7-15 let) potvrzuje, že s rostoucí hodnotou BMI klesá zdatnost oběhového systému na standardizovanou tělesnou zátěž. V jejich další studii (Vztah krevního tlaku a srdeční frekvence k hmotnostním kategoriím BMI u dětí 7-15 let) došli k závěru, že klidové hodnoty tělesného tlaku a srdeční frekvence potvrzují jistou závislost na jednotlivých hmotnostních kategoriích BMI. Tedy s rostajícím BMI se objevují zvýšené klidové hodnoty tělesného tlaku a srdeční frekvence (Riegerová, 2002).

Tabulka 4

*Kategorizace BMI pro dospělé osoby (WHO, 2011)*

Hodnota indexu	Hodnocení indexu
< 16,00	těžká hubenost
16,00 – 16,99	střední hubenost
17,00 – 18,49	mírná hubenost
< 18,50	podváha
18,50 – 24,99	normální hodnota
≥ 25,00	nadváha
25,00 – 29,99	pre obezita
≤ 30,00	obezita
30,00 – 34,99	obezita třídy I
35,00 – 39,99	obezita třídy II
≥ 40,00	obezita třídy III

Tabulka 5

*Hodnocení percentilových pásem BMI u dětí a mládeže (Vignerová et al., 2001)*

Percentilové hodnoty	Hodnocení percentilu
Hodnoty do 3. percentilu	velmi nízká hmotnost
Hodnoty mezi 3. – 25. percentilem	snížená hmotnost
Hodnoty mezi 25. – 75. percentilem	normální hmotnost
Hodnoty mezi 75. – 90. percentilem	zvýšená hmotnost
Hodnoty mezi 90. – 97. percentilem	nadměrná hmotnost
Hodnoty nad 97. percentilem	obezita

Hollander, Zutphen, Bogers, Bemelmans a Groot (2012) se ve své studii zaměřili na dopad BMI na mortalitu u starších osob. Bylo měřeno celkem 1980 starších osob ve věku 70-75 let (10 let sledování). Ukázalo se, že index tělesné hmotnosti je spojen s mortalitou.

Nejnižší mortalita byla zjištěna u osob s BMI 27,1 kg/m<sup>2</sup>, naopak u osob s BMI vyšším jak 31,4 kg/m<sup>2</sup> byla zjištěno riziko úmrtnosti. Dále zmiňují, že jejich výsledky studie naznačují, že mezní hodnota BMI udávaná WHO pro nadváhu ( $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup>), může být ve stáří příliš nízká.

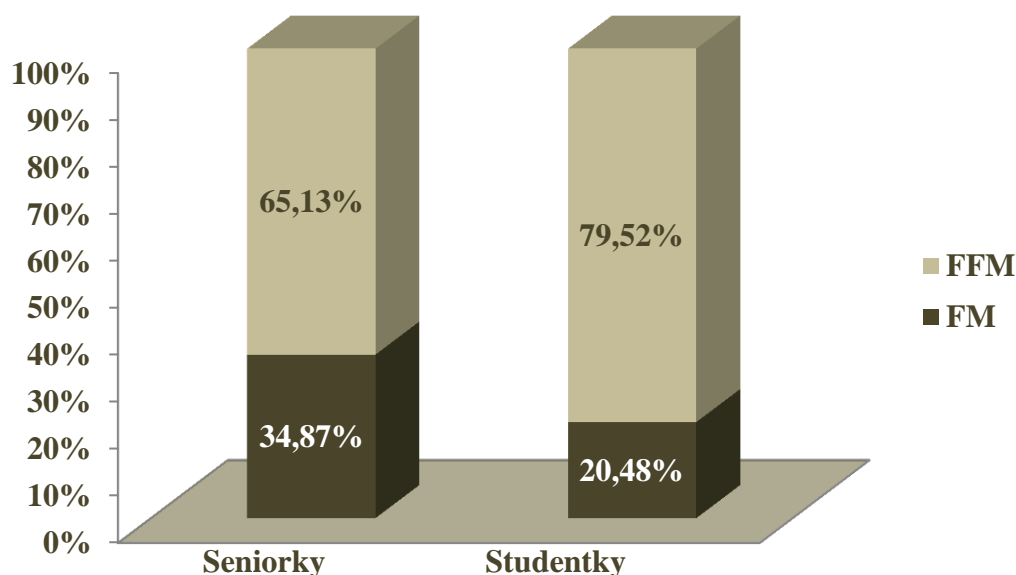
Dolleman, Mills, Lim, Zelhart a Gagliardi (2016) provedli metaanalýzu, ve které se zabývali BMI a kolorektálním karcinomem, což je jedno z nejčastějších onemocnění na celém světě (zahrnuto celkem 18 studií). Uvádí, že obézní pacienti měli zvýšené riziko mortality všech příčin (RR 1,14, 95 % CI 1,05-1,24). Pacienti s podváhou měli taktéž zvýšené riziko mortality všech příčin (RR 1,43, 95 % CI 1,26-1,62).

Výzkumu v Koreji (2017) se zúčastnilo celkem 415 796 dospělých osob starších 30 let, kteří alespoň jednou podstoupili zdravotní prohlídku od roku 2002-2012. Uvádí, že celková úmrtnost u obou pohlaví vykazovala asociaci ve tvaru písmene U. Nejnižší míra úmrtnosti byla zaznamenána mezi pacienty s BMI 25,0-27,4 kg/m<sup>2</sup>. Osoby, které měly BMI  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>, muži s BMI  $< 25$  kg/m<sup>2</sup> a ženy s BMI  $< 22,5$  kg/m<sup>2</sup>, vykazovaly vyšší mortalitu. Navíc bylo zjištěno, že muži s BMI  $< 22,5$  kg/m<sup>2</sup> a ženy s BMI  $< 20$  kg/m<sup>2</sup> vykazovaly zvýšené riziko kardiovaskulární mortality (Kyoung, Junbeom, So-heyon, Young Sun, Yeon-Ah, & Hyejin, 2017).

### **Příklady studií zaměřených na involuční změny v tělesném složení**

Gába et al. (2009) diagnostikovali tělesné složení, pomocí bioimpedanční analýzy (InBody 720) s využitím tříkomponentového modelu – tělesná voda, sušina a tělesný tuk. Výzkum byl aplikován u seniorek s průměrným věkem 64,23 let. Dále byla provedena diagnostika studentek FTK UP s průměrným věkem 19,78 let. Zaznamenali, že u seniorek došlo k navýšení tukové frakce na 34,87 %, zatímco u studentek je podíl tukové tkáně 20,48 %. Podíl tukuprosté hmoty u studentek činí 79,52 %, u seniorek došlo k úbytku tukuprosté hmoty na 65,13 %. Také podíl kosterního svalstva byl u seniorek nižší o 8,91 % (Obrázek 8).





Obrázek 8. Procento FM a FFM u seniorek U3V a studentek FTK UP (Gába et al., 2009).  
 Poznámka. FFM - Fat Free Mass, tukuprostá hmota (kg); FM – Fat Mass, tuková tkáň (kg).

Průřezová studie, která zahrnovala 130 probandů (průměrný věk  $53 \pm 9,8$  let, rozmezí 35-65), a která byla rozdělená dle BMI: BMI  $< 25,0 \text{ kg/m}^2$  (18 žen, 12 mužů), BMI 25,0-34,9  $\text{kg/m}^2$  (50 žen, 50 mužů), byla zaměřena na změny tělesné kompozice a změny distribuce tukových tkání související s věkem. Výsledky studie poukazují na skutečnost, že zvýšený věk byl spojen s poklesem tělesné hmotnosti o 268 g ročně u probandů s normální hmotností a o 390 g u probandů s nadváhou. Zaznamenali také pokles FFM o 321 g a 291 g ročně. Se zvyšujícím se věkem bylo taktéž spojeno navýšení viscerální tukové tkáně (u osob s nadváhou o  $2,43 \text{ cm}^2$ , u osob s normální vahou o  $2,68 \text{ cm}^2$ ) a snížení podkožní tukové tkáně o  $2,30 \text{ cm}^2$  za rok u druhé skupiny (Tabulka 6). Jejich výsledky tedy poukazují na významnou souvislost mezi věkem a poklesem FFM, na zvýšení tukové hmotnosti a na akumulaci břišního tuku (Boneva-Asiova & Boyanov, 2011).

Tabulka 6

Údaje o tělesné kompozici a distribuci tukové tkáně probandů rozdělených dle pohlaví, nebo dle BMI (Boneva-Asiova & Boyanov, 2011)

Parametr	Subjekty	Normální		
	s nadváhou n = 100	hmotnost n = 30	Muži n = 62	Ženy n = 68
Věk (let)	54,05 ± 7,99	51,10 ± 9,91	50,79 ± 7,92	46,18 ± 8,80
Hmotnost (kg)	87,57 ± 10,82	61,01 ± 10,30	87,81 ± 12,94	76,80 ± 15,53
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	30,7 ± 3,59	21,94 ± 1,99	28,7 ± 2,99	28,9 ± 3,19
Tuk (kg)	30,87 ± 7,95	15,36 ± 3,86	24,77 ± 7,39	29,68 ± 10,77
Tuk (%)	34,89 ± 7,82	24,58 ± 5,84	27,31 ± 5,32	37,08 ± 8,05
FFM (kg)	56,69 ± 9,47	45,63 ± 8,96	63,03 ± 7,68	47,06 ± 5,82
VAT (cm <sup>2</sup> )	175,84 ± 46,13	105,08 ± 54,05	179,93 ± 45,30	137,66 ± 58,24
SAT (cm <sup>2</sup> )	270,38 ± 92,31	153,11 ± 40,65	220,13 ± 80,17	290,40 ± 104,93

Poznámka. BMI – Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>); FFM – Fat Free Mass (kg); VAT – Visceral Adipose Tissue (cm<sup>2</sup>); SAT – Subcutaneous Adipose Tissue (cm<sup>2</sup>).

Přidalová a Gába (2014) ve své studii sledovali změny tělesného složení u českých žen ve věku 18-89 let. Zaměřili se na následující parametry: BFM (kg), FFM (kg), %BFM (%), VAT (cm<sup>2</sup>). Průměrné hodnoty BFM pro všechny věkové kategorie byly 19,7 ± 8,9 kg. Bylo zjištěno i jeho postupné zvyšování se s věkem (2,58 kg za desetiletí). U nejmladších žen (18-29 let) byly průměrné hodnoty 14,7 ± 5,3 kg a u žen starších 70 let 27,6 ± 8,8 kg. Bylo dokázáno, že FFM klesá s věkem v důsledku nárůstu BFM (Tabulka 7). To se nejvíce projevilo u žen 50-59 let. Jejich tělesná hmotnost byla o 1,3 kg vyšší než u předchozí věkové skupiny 40-49 let. U žen (50-59 let) však oproti přechodí skupině došlo k poklesu FFM o 3 kg a naopak k nárůstu BFM o 4,3 kg. Tělesná hmotnost klesla nejvíce u žen nad 60 let, jelikož pokles FFM byl vyšší než nárůst BFM. Průměrná hodnota %BFM ve všech věkových skupinách byla 29,1 ± 8,9 % a pohybovala se od 23,5 % (nejmladší ženy) do 38,8 % (nejstarší

ženy). 50 % žen mělo hodnoty %BFM mezi 22,0-30,6 %. 5 % sledovaných měli % BFM vyšší než 44,6 % a dalších 5 % mělo %BFM pod 16,2 %. Hodnoty VAT byly vyšší u starších žen. Každý rok byl zaznamenán průměrný vzrůst VAT o 2,28 cm<sup>2</sup>.

Tabulka 7

*Tělesná hmotnost, zastoupení BFM a FFM (Přidalová & Gába, 2014)*

	n	Mean ± SD
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>		
Všechny věkové skupiny	1970	65,5 ± 11,1
18-29 let	962	61,3 ± 8,4
30-39 let	113	63,8 ± 10,3
40-49 let	108	69,3 ± 10,7
50-59 let	197	70,6 ± 13,5
60-69 let	437	70,5 ± 10,7
> 70 let	153	69,6 ± 11,5
<b>BFM (kg)</b>		
Všechny věkové skupiny	1970	19,7 ± 8,9
18-29 let	962	14,7 ± 5,3
30-39 let	113	17,3 ± 7,2
40-49 let	108	21,0 ± 8,9
50-59 let	197	25,3 ± 9,6
60-69 let	437	25,9 ± 7,9
> 70 let	153	27,6 ± 8,8
<b>FFM (kg)</b>		
Všechny věkové skupiny	1970	45,8 ± 5,5
18-29 let	962	46,6 ± 5,3
30-39 let	113	46,5 ± 5,7
40-49 let	108	48,4 ± 5,9
50-59 let	197	45,4 ± 5,8
60-69 let	437	44,6 ± 4,7
> 70 let	153	42,0 ± 5,2

## **Změny tělesného složení u osob s určitým typem onemocnění**

### U pacientů s onkologickým onemocněním

Santarpia, Marra, Montagnese, Alfonsi, Pasani a Contaldo (2009) uvádí, že onkologické onemocnění je často doprovázeno ztrátou tukuprosté hmoty a podvýživou. V jejich studii zkoumali celkem 13 pacientů s pokročilým onemocněním (6 mužů a 7 žen) ve věku  $58,4 \pm 7,5$ , BMI  $20,2 \pm 3,5 \text{ kg/m}^2$ ,  $58,0 \pm 10,6 \text{ kg}$ . Lokalizace rakoviny byla u třech zkoumaných jedinců kolorektální, u pěti žaludeční, u dvou byla lokalizována v oblasti jícnu, pankreatická u dalších dvou jedinců a u jednoho byla rakovina lokalizována v plicích. Byly získány následující parametry – hmotnost  $50,9 \pm 7,23 \text{ kg}$ , BMI  $18,7 \pm 1,9 \text{ kg/m}^2$  a ztráta hmotnosti  $14,3 \pm 6,5 \text{ kg}$ . Hladina sérového albuminu  $3,35 \pm 0,33 \text{ g/dl}$ , hladina cholesterolu  $136 \pm 21,3 \text{ mg/dl}$ , hladina cholinesterázy  $5419 \pm 1421 \text{ U/ml}$ , počet lymfocytů  $1219 \pm 390 \text{ mm}^3$  a fázový úhel v rozmezí od 2,86 do 5,91. Obdobná studie byla provedená u pacientů s pokročilým karcinomem plic.

Jacquelin-Ravel a Pichard (2012) ve své studii dospěli ke zjištění, že u pacientů s kolorektálním karcinomem dochází ke změně tělesné kompozice se zvýšením velikosti jater ( $2,3 \pm 0,7 \text{ kg}$ ) a jaterních metastáz. Zároveň dochází ke zrychlení úbytku svalové ( $4,2 \text{ kg}$ ) i tukové hmoty ( $3,5 \text{ kg}$ ). Odhadovaný podíl tukuprosté hmoty obsazených játry vzrostl během posledního roku života ze 4,5 % na 7 %.

### U pacientů s Alzheimerovou chorobou

Mereu, Succa, Buffa, Marini, Sanna, Mereu, Catte (2018) zařadili do své studie 127 pacientů, z toho 50 mužů ( $78,2 \pm 6,3 \text{ let}$ ) a 77 žen ( $81,4 \pm 6,8 \text{ let}$ ) s mírným až středním stupněm Alzheimerovy choroby. Dále 135 zdravých jedinců, z toho 74 mužů ( $77,4 \pm 5,3 \text{ let}$ ) a 61 žen ( $80,4 \pm 5,5 \text{ let}$ ). Ve srovnání zdravých jedinců a pacientů s Alzheimerovou chorobou vykazovali pacienti s Alzheimerovou chorobou obdobné antropometrické charakteristiky, včetně BMI. Rozdíl byl však u nemocných pacientů v nižší hmotnosti tukuprosté hmoty.

### U pacientů s onemocněním koronárních tepen

Obezita bývá spojována s abnormálním lipidovým profilem a zvýšeným rizikem kardiovaskulárních onemocnění. Puri, Singh, Pandey, Singh a Srivastav (2014) si ve své studii stanovili za cíl zhodnocení procentního podílu tělesného tuku (BF %) a viscerálního tuku (VFR) u pacientů s onemocněním koronární arterie (CAD). Měřili celkem 477 jedinců, z toho 150 pacientů s CAD, 174 pacientů s vysokým rizikem CAD a 153 zdravých jedinců.

Při porovnávání výsledků pacientů s CAD a zdravých jedinců, dospěli ke zjištění, že indexy obvodu pasu a viscerálního tuku byly odlišné ( $p < 0,001$ ). Při srovnání pacientů s CAD a pacientů s vysokým rizikem CAD zjistili, že hodnoty BMI a procento tuku vyšší u skupiny pacientů s vysokým rizikem CAD. Ukázalo se tedy, že procento tělesného tuku je rizikovým faktorem pro CAD.

U pacientů s kachexií

Sledovanou osobou byl muž s kachexií ve věku 32 let (45 kg, BMI 16,7). U muže bylo zjištěno velmi nízké zastoupené tukové hmoty (5,2 kg). Zjištěné parametry: BCM 17,3 kg, TBW 29,1 l a FFM 39,8 kg. Všechny hodnoty jednotlivých parametrů jsou pod normou a naznačují závažnou podvýživu ve formě kachexie (Walter-Kroker, Kroker, Mattiucci-Guehlke, & Glaab, 2011).

## **Cíle**

Hlavním cílem této diplomové práce je analýza tělesného složení u seniorek především se zaměřením na vodní kompartmenty vzhledem k věku.

Dílčí cíle:

1. Porovnat vybrané parametry tělesného složení v jednotlivých věkových kategoriích.
2. Popsat segmentální analýzu vybraných parametrů tělesného složení.
3. Porovnat indexy otoků Edema 1 a Edema 2 v závislosti na věku.
4. Porovnat vybrané parametry tělesného složení vzhledem ke kategoriím Edema 2.
5. Popsat regresní závislosti mezi Edema 2 a vybranými parametry tělesného složení.

## Metodika

### Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor byl tvořen celkem 678 probandy. Jednalo se o ženy ve věku od 50 do 90 let. Naměřená data byla rozdělena dle věku do 3 skupin (Tabulka 8, 9, 10). První skupinu (dále jen Ž1) tvořilo celkem 264 žen ve věku od 50 do 59 let. Následující skupina (Ž2) byla složena z 282 žen ve věku od 60 – 69 let. Do poslední skupiny (Ž3) byly zařazeny ženy ve věku vyšším než 69 let.

Tabulka 8

*Základní charakteristika věkové skupiny Ž1*

Ž1 (n = 264)				
Parametr	M	SD	MIN	MAX
Věk (roky)	54,659	2,753	50	59
Tělesná výška (cm)	163,478	4,7322	147,1	176
Tělesná hmotnost (kg)	72,406	15,4739	48,1	122,8
BMR (kcal)	1365,09	117,715	1133,42	1726,1
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,057	5,4868	17,94	44,3

*Poznámka. n = počet měřených osob; M – průměr; SD – směrodatná odchylka; MIN – minimum; MAX – maximum; BMR – Bazal Metabolic Rate (kcal); BMI – Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>).*

Tabulka 9

*Základní charakteristika věkové skupiny Ž2*

<b>Ž2 (n = 282)</b>				
<b>Parametr</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
Věk (roky)	63,965	2,8508	60	69
Tělesná výška (cm)	162,035	5,9596	146	176,6
Tělesná hmotnost (kg)	72,62	14,3865	43,4	152
BMR (kcal)	1356,59	116,487	1044,66	1800,61
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,644	5,3136	18,01	63,68

*Poznámka: n = počet měřených osob; M – průměr; SD – směrodatná odchylka; MIN – minimum; MAX – maximum; BMR – Bazal Metabolic Rate (kcal); BMI – Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>).*

Tabulka 10

*Základní charakteristika věkové skupiny Ž3.*

<b>Ž3 (n = 132)</b>				
<b>Parametr</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
Věk (roky)	75,432	4,4946	70	90
Tělesná výška (cm)	159,322	6,5424	141,5	182,7
Tělesná hmotnost (kg)	73,355	11,8719	46,5	114,2
BMR (kcal)	1312,07	108,908	1101,43	1601,34
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28,92	4,4702	20,13	71,8

*Poznámka: n = počet měřených osob; M – průměr; SD – směrodatná odchylka; MIN – minimum; MAX – maximum; BMR – Bazal Metabolic Rate (kcal); BMI – Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>).*



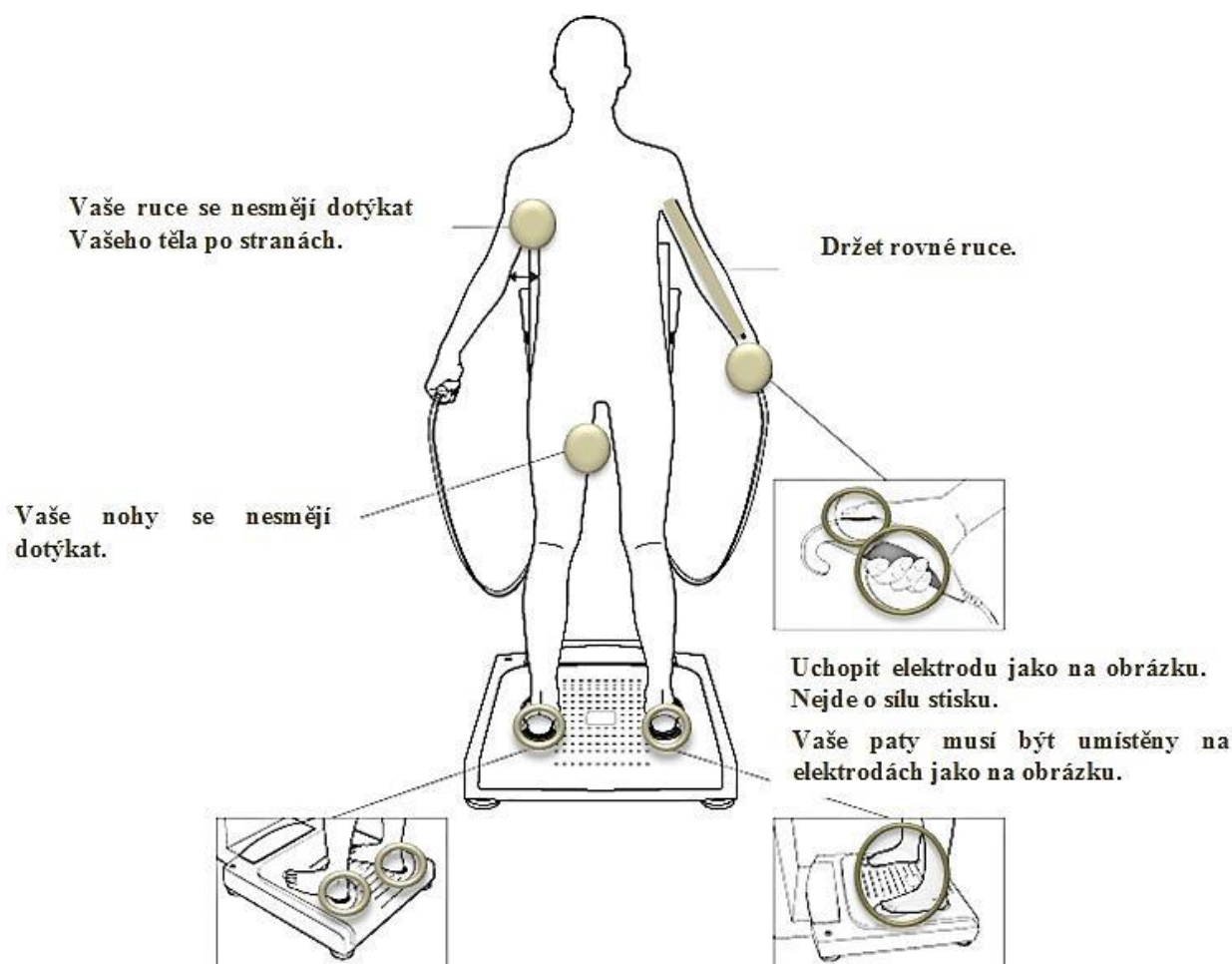
## **Průběh měření**

Měření sledovaného souboru se konalo v antropometrické laboratoři FTK UP Olomouc. K určení tělesné výšky byl použit antropometr A-213 (Trystom, Česká republika). K účelu zjištění tělesného složení bylo využíváno bioelektrického impedančního analyzátoru InBody 720.

### **Přístroj InBody 720**

Přístroj InBody 720 (Inbody, 2018) je používán pro odhad tělesného složení. Pracuje s pomocí metody bioelektrické impedance a technologie zvané DSM-BIA (Direct Segmental Measurement-BIA). Jedná se o multifrekvenční přístroj. Využívá tedy střídavý elektrický proud o frekvencích 1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz. InBody 720 je tetrapolární přístroj, který je vybaven 8 dotykovými elektrodami. Jednotlivé elektrody jsou umístěny na levé a pravé části těla. 2 elektrody jsou na pravé horní končetině, 2 na levé horní končetině, 2 na levé dolní končetině a poslední dvě na pravé dolní končetině. Na horních končetinách jsou elektrody umístěny v oblasti dlaně a palce ruky. Elektrody na dolních končetinách jsou umístěny v přední části chodidla a na patě.

Doba měření je kratší než 1 minuta, tudíž se jedná o poměrně rychlé a jednoduché měření probíhající ve stoje za standardních podmínek (20-25 °C). Při samotném měření je nezbytné dodržet několik zásad, aby nedošlo k chybnému měření. Jedná se například o vynechání pohybové aktivity před měřením, jídlo, pití, vyprázdnění, apod. Riegrová et al. (2006) považují BIA za velmi citlivou na stav hydratace, což může dle Bunce, Cigálka, Moravcové a Kalouse (2001) vést k chybě měření 2-4 %. Dále Riegrová et al. (2006) zmiňují za důležité faktory termoregulaci a povrchovou teplotu kůže. Nedodržení jednotlivých zásad by mohlo vést k nepřesným výsledkům měření. Z tohoto důvodu by měla obsluha přístroje seznámit s jednotlivými zásadami měřené osoby. Další věcí, na kterou by měla obsluha upozornit je správná poloha při měření, respektive umístění horních a dolních končetin na elektrody. Důležité je, aby paže svíraly s tělem úhel 15° (Obrázek 9). Po skončení měření obdržíme informace o složení svalstva, tělesné kompozici, svalové rovnováze, ploše viscerálního tuku, diagnóze obezity, segmentálním otoku, fyzické kondici. Velmi praktické je možné srovnání s předešlými měřeními.



Obrázek 9. Návod na správné držení těla při měření (InBody.cz, 2018)

Na výstupní listině je možné sledovat tyto parametry. V rámci tělesného složení je zahrnuta celková tělesná voda (l) a její kompartmenty (intracelulární a extracelulární tekutina), dále množství minerálů (kg) a proteinů (kg). Nedílnou součástí je také množství tělesného tuku (kg), tělesná hmotnost (kg), štíhlá tělesná hmota (kg) a tukuprostá hmota (kg). V analýze svalstva a tuku je pozornost zaměřena na hmotnost kosterního svalstva (kg) a hmotnost tělesného tuku (kg). Co se týká analýzy obezity, jsou pozorovány následující parametry – BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), procento tělesného tuku (%) a WHR (poměr pas/boky).

### Statistické zpracování dat

Pro další zpracování byla data převedena do programu Microsoft Office Excel 2010. Čísly 1-3 byly označeny jednotlivé věkové kategorie žen. Následně byla data zpracována programem Statistica (verze 12). U každého sledovaného parametru byly spočítány základní statistické charakteristiky – průměrná hodnota (M), směrodatná odchylka (SD), minimální hodnota (Min), dále maximální hodnota (Max). Byly dopočítány i rozdíly mezi průměrnými

hodnotami všech parametrů. Za účelem porovnání parametrů tělesného složení byla využita metoda Kruskal-Wallisova ANOVA.

### **Sledované parametry**

- tělesná výška (cm),
- tělesná hmotnost (kg),
- Fitness Score – fitness skóre (body),
- BMR – bazální metabolismus (kcal),
- BMI – Body Mass Index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ),
- TBW – celková tělesná voda (l),
- ICW – intracelulární voda (l),
- ECW – extracelulární voda (l),
- Index Edema 1,
- Index Edema 2,
- SMM – kosterní svalstvo (kg),
- LBM – štíhlá tělesná hmota (kg),
- BFM – celkový tělesný tuk (kg) a jeho relativní zastoupení (% BF, %),
- FFM – tukuprostá hmota (kg),
- VFA ( $\text{cm}^2$ ).

### **Fitness skóre**

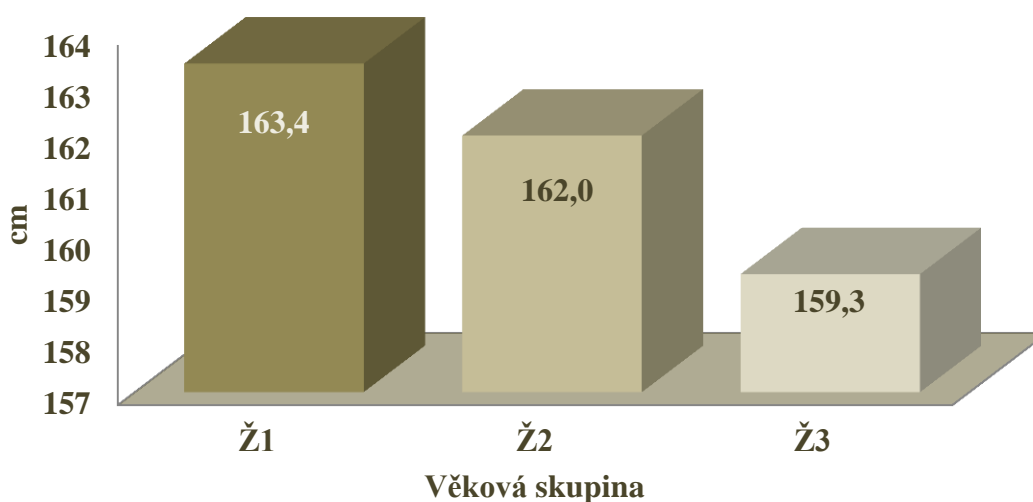
Fitness skóre slouží jako motivace měřené osobě. Fitness skóre značí poměr mezi zastoupením tukové a svalové hmoty. V případě, že je hodnota fitness skóre  $\leq 70$  bodů, jedná se o slabého jedince. Pokud se sledovaná osoba nachází v rozmezí 70-90 bodů, lze jej hodnotit jako normálního, zdravého jedince. Jestliže je hodnota fitness skóre  $\geq 90$  bodů, je hodnocen jako atletický typ jedince.

## Výsledky

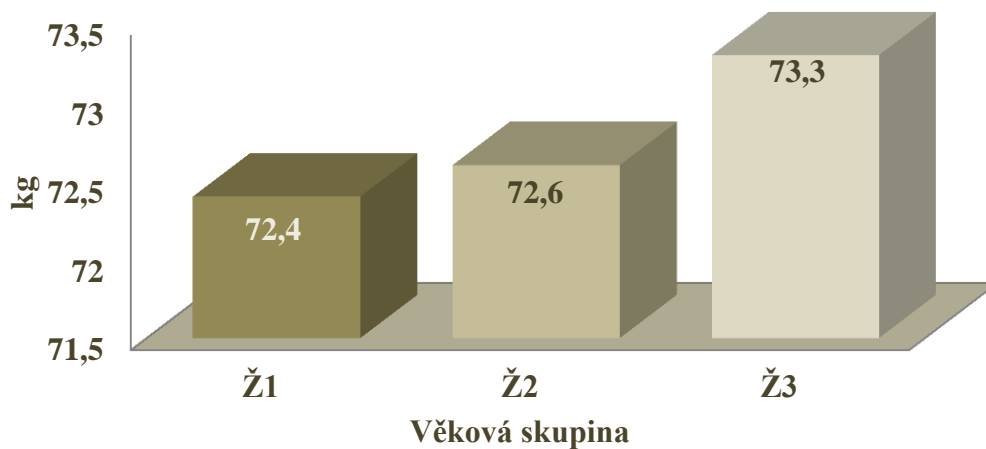
Ženy byly rozděleny do 3 věkových skupin (Ž1, Ž2, Ž3). První skupina byla tvořena ženami ve věku 50-59 let ( $n = 264$ ), druhou skupinu tvořily ženy ve věku 60-69 let ( $n = 282$ ) a v poslední skupině byly ženy starší 69 let ( $n = 132$ ).

Průměrný věk Ž1 byl  $54,65 \pm 2,75$  let, Ž2  $63,96 \pm 2,85$  let a Ž3  $75,43 \pm 4,49$  let. Skupina Ž1 dosahovala průměrné hmotnosti  $72,4 \pm 15,47$  kg a tělesné výšky  $163,47 \pm 4,73$  cm. Ž2 měly při průměrné hmotnosti  $72,62 \pm 14,3$  kg výšku  $162,03 \pm 5,95$  cm. Ve skupině Ž3 byla průměrná hmotnost  $73,35 \pm 11,87$  kg a výška  $159,32 \pm 6,54$  cm.

Z výsledků vyplynulo, že nejnižší tělesné výšky dosahovaly nejstarší ženy (Ž3). Naopak nejvyšší tělesná výška byla zaznamenána u nejmladších žen Ž1 (Obrázek 10). Signifikantní rozdíly u tělesné výšky byly nalezeny mezi věkovou skupinou Ž1 a Ž3 ( $p = 0,0167$ ; Příloha 5) Nejmladší ženy ve věku 50-59 let (Ž1) prokazovaly nejnižší tělesnou hmotnost mezi všemi věkovými skupinami (Obrázek 11). Nejstarší ženy dosahovaly nejvyšší tělesné hmotnosti. I v případě tělesné hmotnosti byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi věkovými skupinami Ž1 a Ž3 ( $p = 0,0018$ ; Příloha 6).



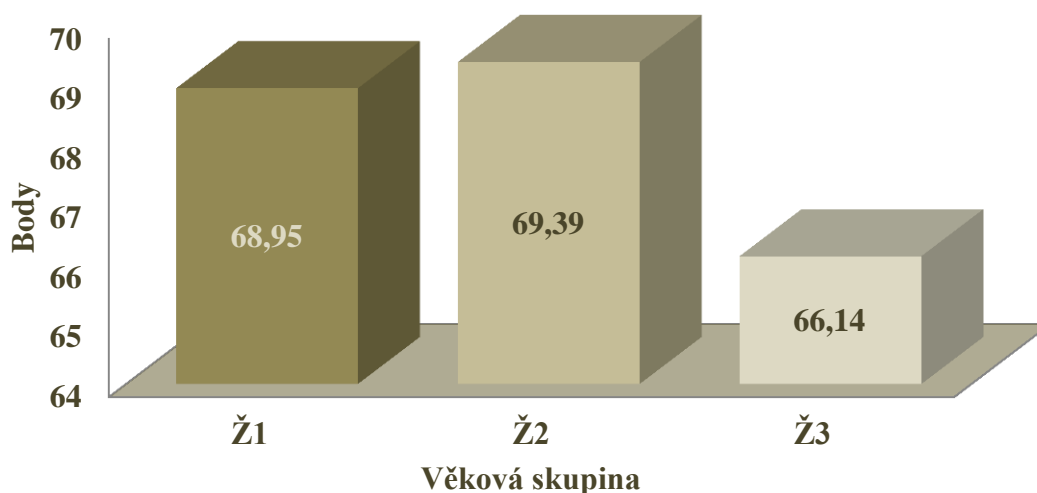
Obrázek 10. Porovnání tělesné výšky vzhledem k věkovým skupinám



Obrázek 11. Porovnání tělesné hmotnosti (kg) vzhledem k věkovým skupinám

### Fitness skóre

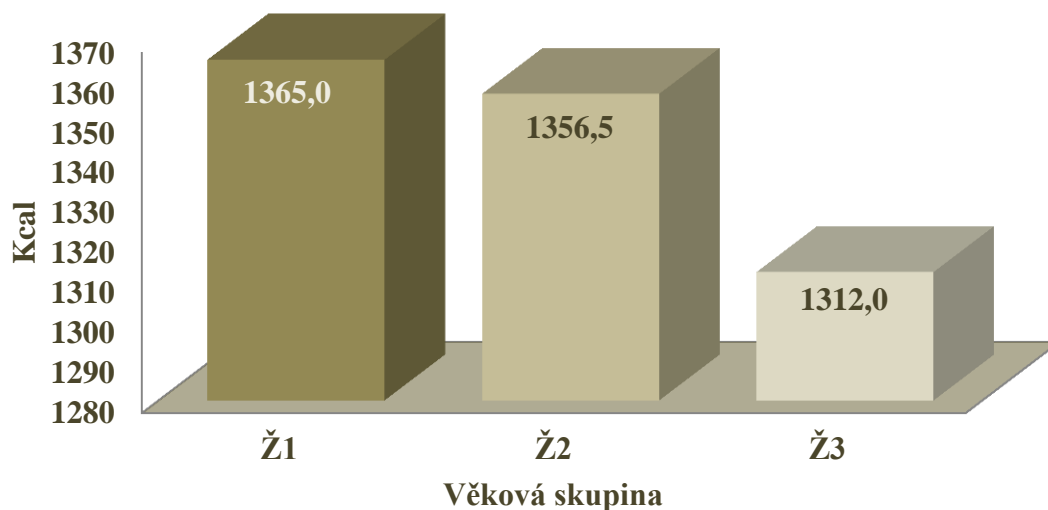
Fitness skóre je parametrem, který slouží k motivaci měřených klientů. Standardní hodnoty fitness skóre se pohybují v rozmezí 70-90 bodů (Přidalová, Sofková, Dostálová, & Gába, 2011). Těchto optimálních hodnot nebylo dosaženo ani v jedné věkové skupině. Fitness skóre se v jednotlivých skupinách pohybovalo od 66,1-69,3 (Obrázek 12) Významné rozdíly ve fitness skóre byly zaznamenány mezi všemi věkovými skupinami ( $p = 0,0002$ ; Příloha 7).



Obrázek 12. Porovnání fitness skóre vzhledem k věku

### BMR (kcal)

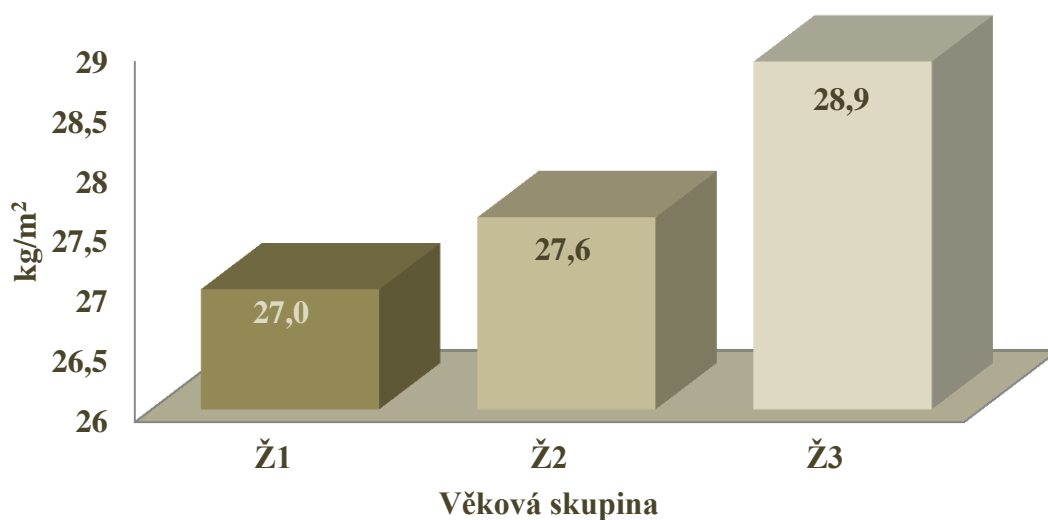
Hodnota bazálního metabolismu (kcal) se s věkem postupně snižovala, i když rozdíly nebyly signifikantní (Příloha 8). Nejvyšší BMR byl shledán u Ž1 (1365,09 kcal). U Ž2 byl BMR 1356,59 kcal a u Ž3 1312,07 kcal (Obrázek 13).



*Obrázek 13. Porovnání BMR vzhledem k věkovým kategoriím*

### BMI (kg/m<sup>2</sup>)

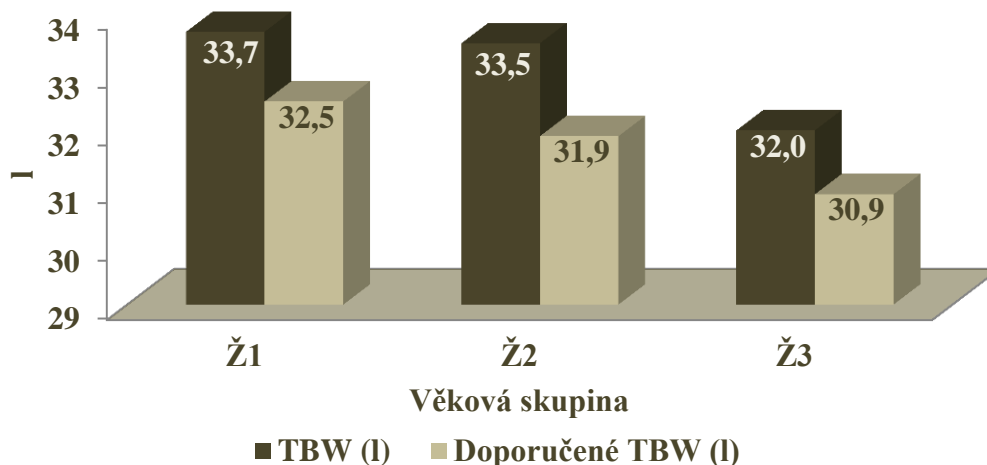
Nejstarší věková kategorie (Ž3) dosahovala nejvyšších hodnot BMI (28,9 kg/m<sup>2</sup>). Naopak nejmladší skupina žen (Ž1) měla hodnotu BMI 27,0 kg/m<sup>2</sup>. U Ž2 bylo BMI 27,6 kg/m<sup>2</sup>. WHO (2011) udává jako normální hodnoty BMI 18,50-24,99 kg/m<sup>2</sup>. Nejvíce se této optimální hodnotě přiblížila skupina Ž1 (Obrázek 14). Signifikantní rozdíly byly zaznamenány mezi skupinou Ž1 a Ž3, dále mezi skupinou Ž2 a Ž3 (Příloha 9).



*Obrázek 14. Porovnání BMI vzhledem k věku*

## TBW (l)

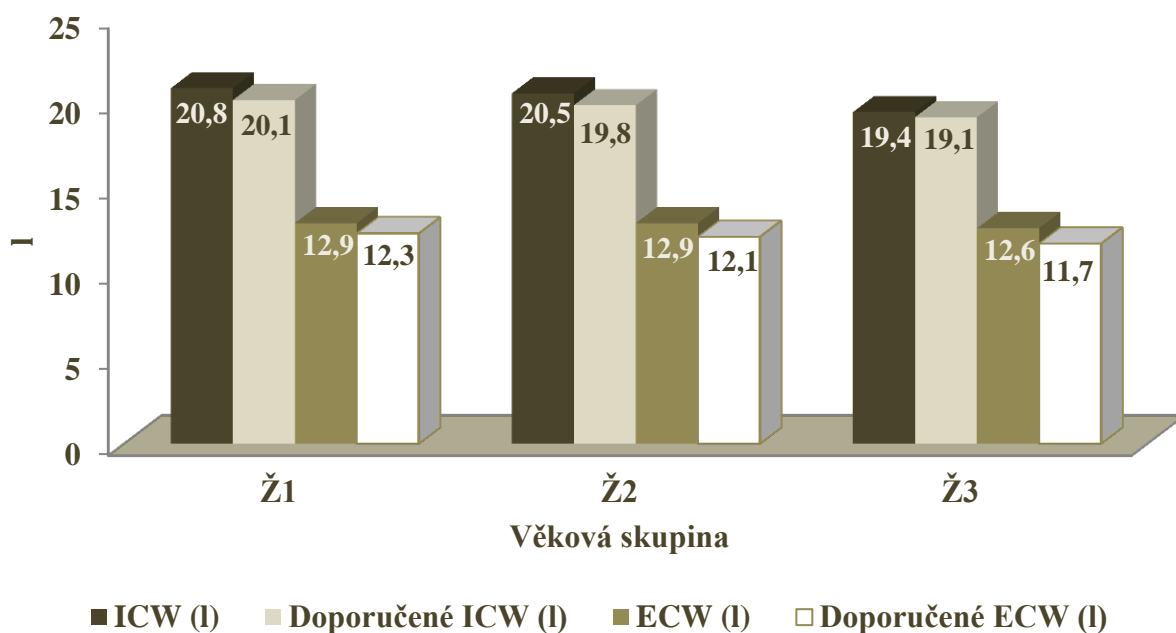
Zastoupení celkové tělesné vody (l) bylo u Ž1 33,7 l, u věkové skupiny Ž2 33,5 l a u nejstarší věkové skupiny (Ž3) bylo zastoupení TBW 32,0 l. Doporučené zastoupení TBW bylo stanoveno přístrojem u Ž1 na 32,5 l, u Ž2 na 31,9 l a u Ž3 na 30,9 l (Obrázek 15). Byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi Ž1 a Ž3, dále mezi skupinami Ž2 a Ž3 (Příloha 10).



Obrázek 15. Absolutní a doporučené zastoupení TBW

## ICW, ECW (l)

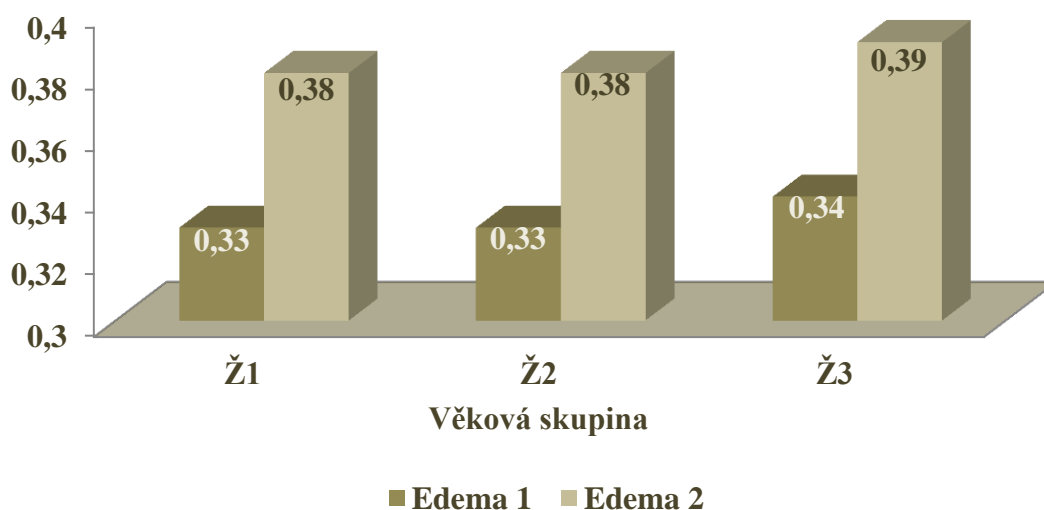
Zastoupení ICW u Ž1 bylo  $20,84 \pm 2,49$  l, u Ž2  $20,58 \pm 2,43$  a u Ž3  $19,48 \pm 2,23$  l. Nejvyšší zastoupení ICW (l) bylo u žen ve věku 50-59 let (Ž1). Přístrojem stanových doporučených hodnot ICW se nejvíce přiblížily Ž3. U ICW nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly (Příloha 12). Zastoupení ECW bylo u Ž1  $12,93 \pm 1,51$  l, u další skupiny Ž2  $12,96 \pm 1,58$  l a u poslední skupiny Ž3  $12,6 \pm 1,52$  l. V zastoupení ECW se nejvíce doporučeným hodnotám přiblížila věková skupina Ž1 (Obrázek 16). U ECW nebyly zjištěny žádné významné rozdíly (Příloha 11).



Obrázek 16. Absolutní a doporučené zastoupení ECW, ICW

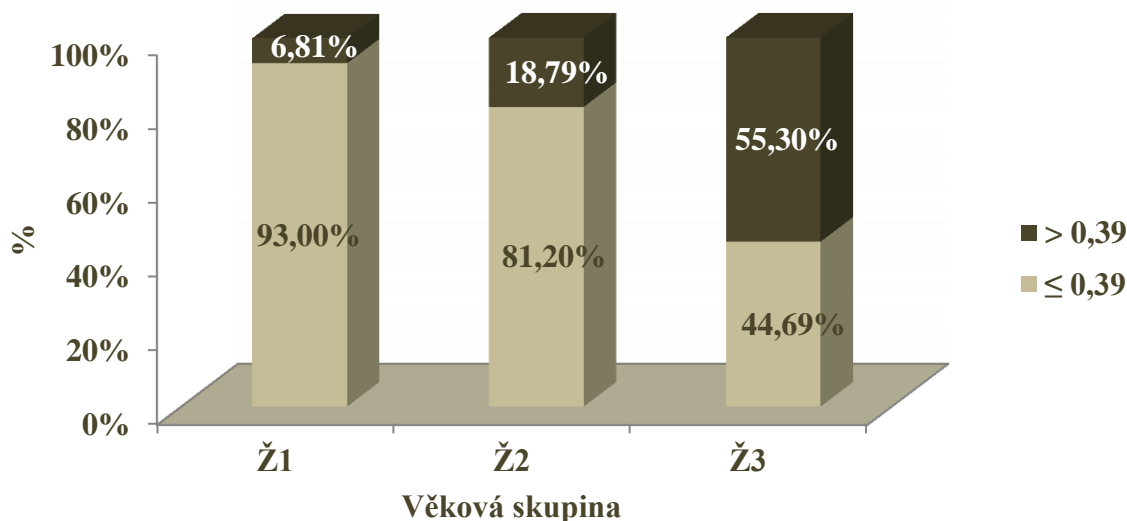
### Index Edema 1 a Edema 2

Nejvyšší hodnoty Edema 1 byly zaznamenány u Ž3 (0,39). U Ž1 a Ž2 se index Edema 1 (Obrázek 17) lišil o 0,003 (Ž1 – 0,336; Ž2 – 0,339). Hodnota indexu Edema 2 Ž1 byla 0,38, Ž2 0,38 a Ž3 0,39. Nejvyšší hodnoty indexu Edema 2 byly zjištěny u věkové skupiny Ž3. U Indexu Edema 2 byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi všemi věkovými kategoriemi (Příloha 13).



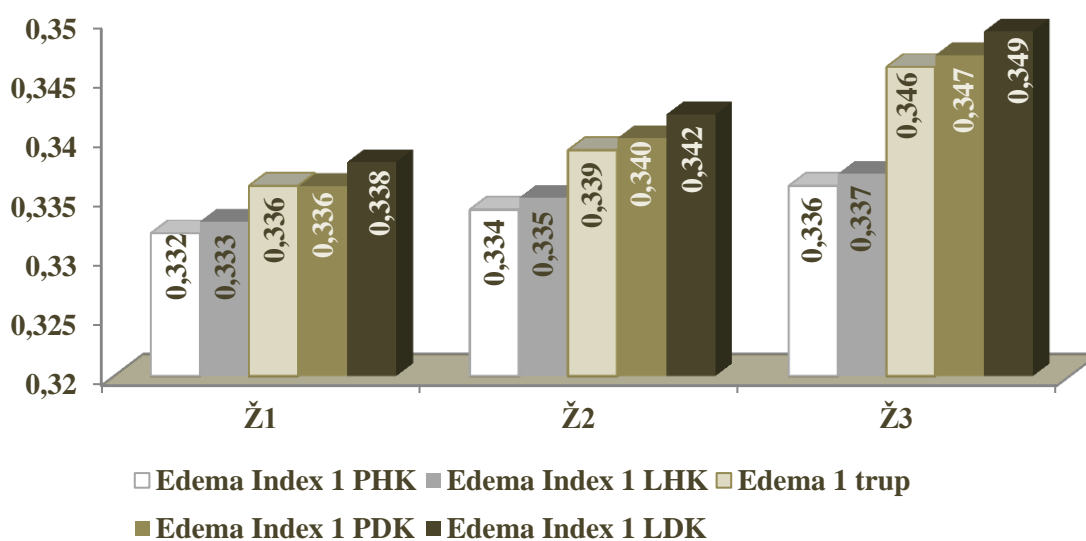
Obrázek 17. Porovnání indexu Edema 1 a indexu Edema 2





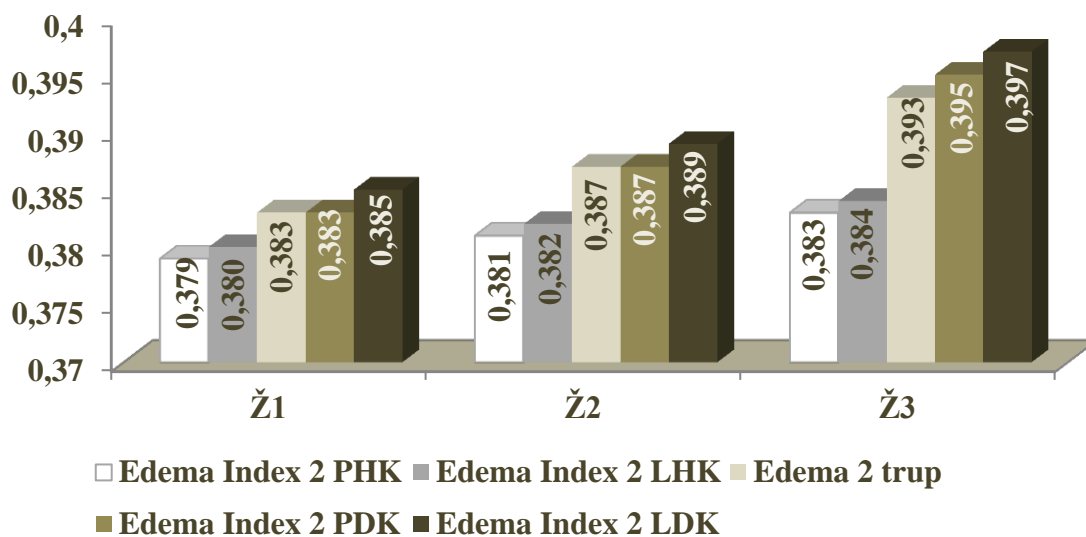
**Obrázek 18.** Hodnocení indexu Edema 2 dle hodnot  $> 0,39$  a  $\leq 0,39$

Segmentální analýza prokázala, že nejvyšší hodnoty indexu Edema 1 byly zjištěny u všech segmentů (pravá a levá horní končetina, trup, pravá a levá dolní končetina) u nejstarších žen (Ž3). Nejnižší hodnoty indexu Edema 1 byly stanoveny u nejmladších žen (Obrázek 19).



**Obrázek 19.** Porovnání indexu Edema 1 jednotlivých segmentů těla vzhledem k věku

Na základě segmentální analýzy byly zjištěny nejvyšší hodnoty indexu Edema 2 u nejstarších žen, a to ve všech segmentech (Ž3). Naopak nejnižší hodnoty indexu Edema 2 byly zjištěny u věkové skupiny Ž1 (Obrázek 20).



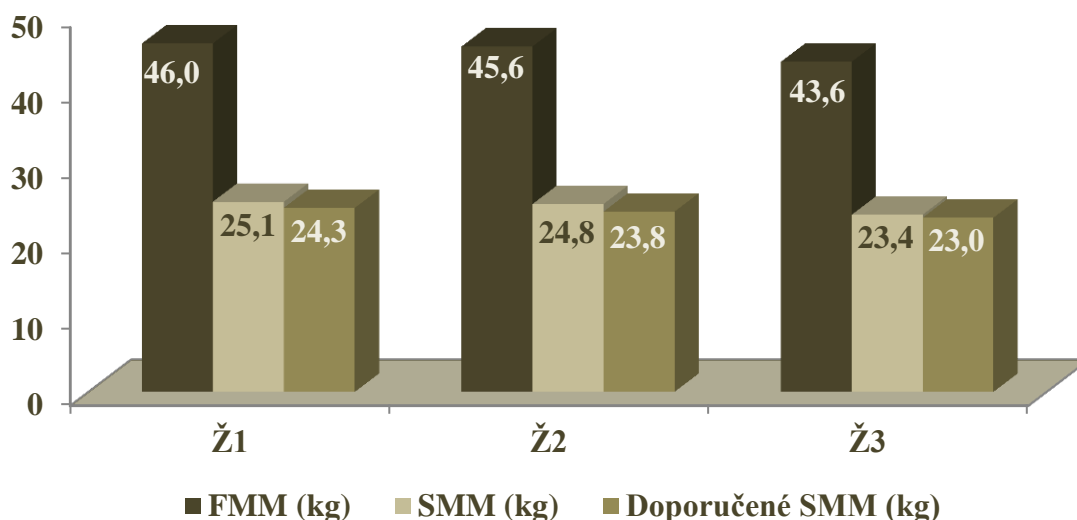
Obrázek 20. Porovnání indexu Edema 2 jednotlivých segmentů těla vzhledem k věku

### Porovnání jednotlivých parametrů tělesného složení dle indexu Edema 2

V porovnání dle indexu Edema 2 byly zaznamenány signifikantní rozdíly v následujících parametrech – VFA (cm<sup>2</sup>), BFM (kg), %BF (%), BMI (kg/m<sup>2</sup>) a ECW (l). U parametrů ICW (l), TBW (l) a FFM (kg) nebyly zjištěny signifikantní rozdíly (Příloha 24).

#### SMM, FFM (kg)

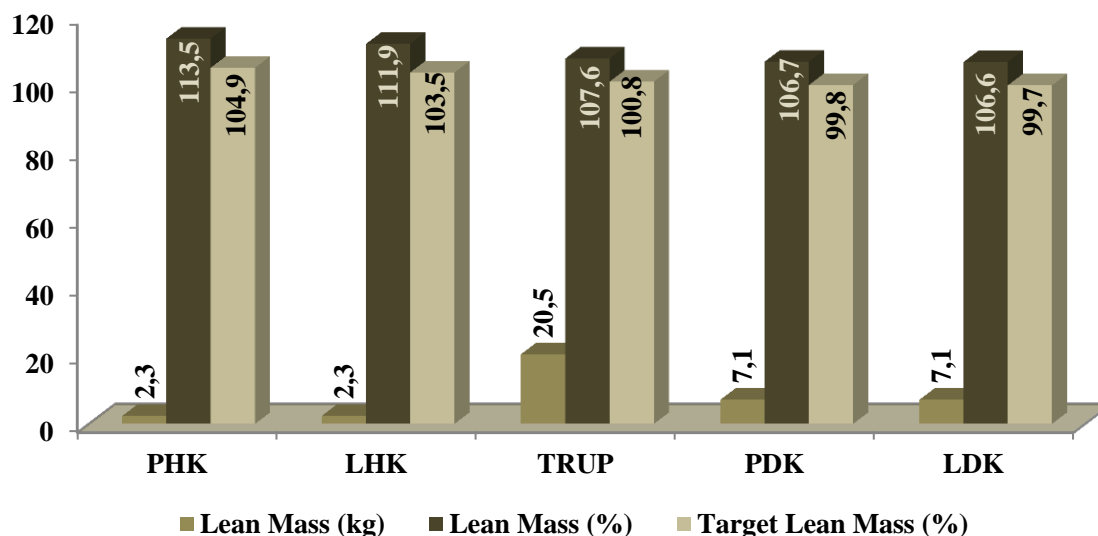
Zastoupení tukuprosté hmoty (FMM) se s věkem snižovalo. U jednotlivých skupin následující: Ž1 - 46,06 kg, Ž2 - 45,67 kg, Ž3 - 43,61 kg. Doporučené hodnoty SMM se pohybovaly od 23,0-24,3 kg. Ž1 měly zastoupení SMM 25,19 kg, Ž2 24,84 kg a Ž3 23,4 kg. U všech skupin bylo zjištěno větší zastoupení SMM, než jaké vykazují doporučené hodnoty (Obrázek 21). U obou parametrů nebyly zjištěny signifikantní rozdíly (Příloha 14, Příloha 15).



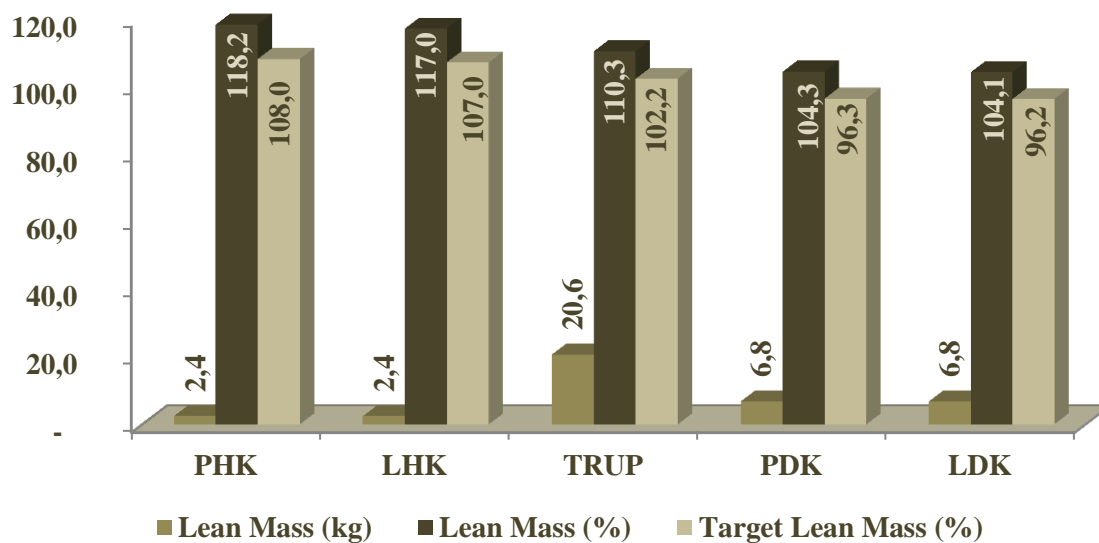
Obrázek 21. Absolutní a doporučené hodnoty SMM a FFM vzhledem k věku

### Segmentální zastoupení LBM

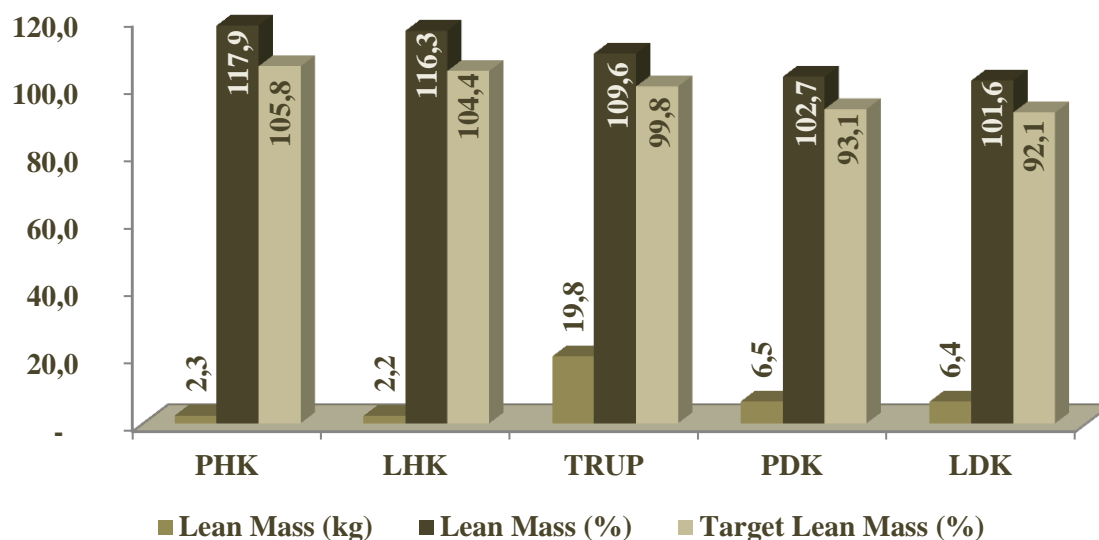
Nejvyšších hodnot LBM (%) bylo dosaženo ve všech skupinách u pravé horní končetiny. Naopak nejnižší hodnoty LBM (%) byly zjištěny u všech skupin u levé dolní končetiny. Doporučeným hodnotám (Target Lean Body Mass, %) LBM se nejvíce přiblížily Ž1 v oblasti trupu (rozdíl mezi doporučeným zastoupením 6,8 %). U Ž3 byl zaznamenán nejvyšší rozdíl procentuálního zastoupení LBM od doporučených hodnot (pravá horní končetina, rozdíl 12,1 %). Zastoupení LBM (kg) dosahovalo nejvyšších hodnot v segmentu trupu, a to u všech skupin (Ž1 – 20,5 kg, Ž2 – 20,6 kg, Ž3 – 19,8 kg). U Ž3 byl zaznamenán pokles LBM (kg) vzhledem k věku (Obrázek 22 – 24).



Obrázek 22. Zastoupení štíhlé tělesné hmoty u Ž1



Obrázek 23. Zastoupení štíhlé tělesné hmoty u Ž2

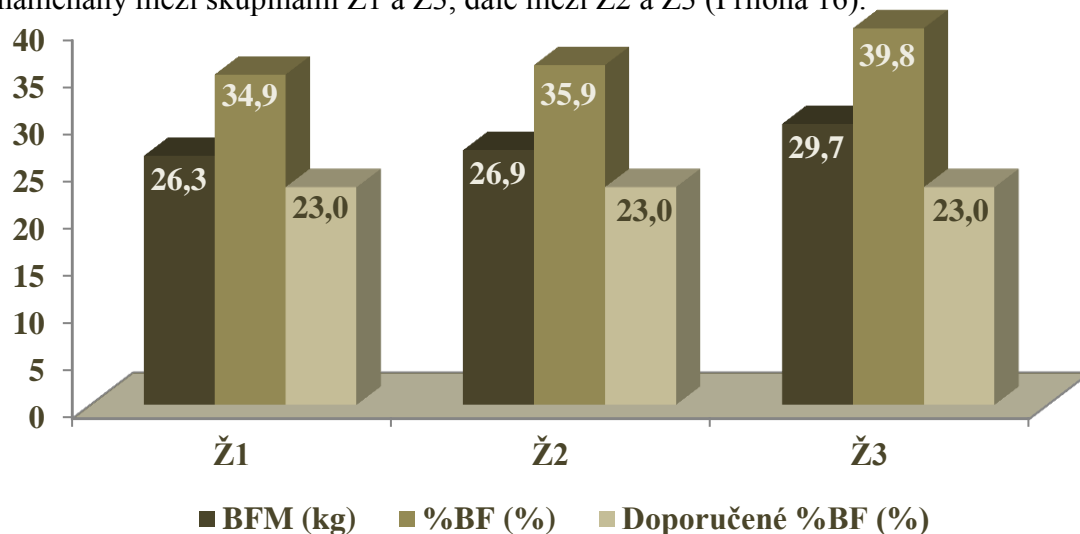


Obrázek 24. Zastoupení štíhlé tělesné hmoty u Ž3

### Tělesný tuk

Zastoupení tukové hmoty bylo u Ž1 26,3 kg, u Ž2 26,9 kg a u Ž3 29,7 kg (Obrázek 25). Nejvyšší zastoupení tukové hmoty bylo zaznamenáno u nejstarší věkové skupiny (Ž3). U všech skupin byly doporučené hodnoty překročeny. Doporučené hodnoty nejvíce překročila

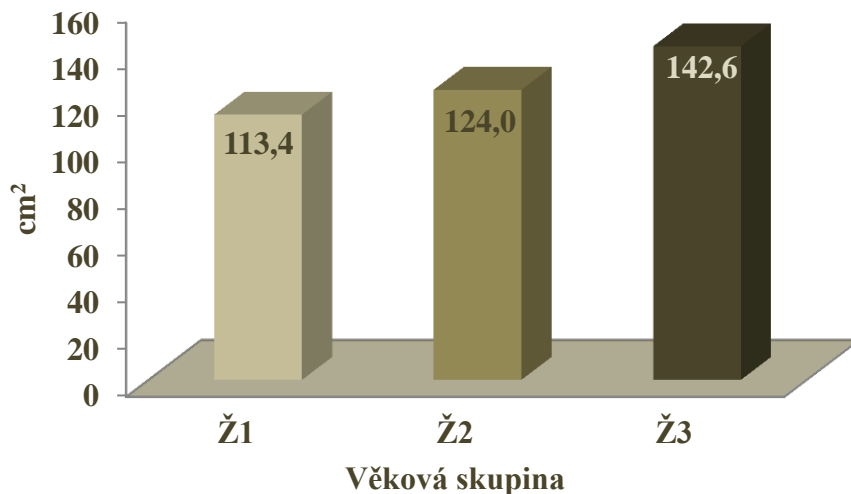
skupina Ž3 (39,8 %). Signifikantní rozdíly v procentuálním zastoupení tukové složky byly zaznamenány mezi skupinami Ž1 a Ž3, dále mezi Ž2 a Ž3 (Příloha 16).



Obrázek 25. Absolutní, relativní a doporučené zastoupení BFM

#### VFA

Hodnoty VFA (cm<sup>2</sup>) rostly s věkem. Nejnížší hodnoty byly zjištěny u Ž1 – 113,4 cm<sup>2</sup>. Naopak nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u Ž3 – 142,6 cm<sup>2</sup> (Obrázek 26, Příloha 18).



Obrázek 26. Zastoupení VFA vzhledem k věku

#### Regresní závislosti

V přílohách jsou uvedeny regresní závislosti vybraných parametrů tělesného složení v podobě grafů, současně s regresními rovnicemi (Příloha 19-24).

## Diskuze

Nejmladší ženy byly nejvyšší a současně měly nejnižší tělesnou hmotnost. Nejvyšší tělesná hmotnost a nejnižší tělesná výška byla zjištěna u nejstarších žen. Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky studií Sofkové a Přidalové (2016), Podzimkové, Přidalové a Zbořilové (2017), Sedláčka, Caceka, Michaleka a Sebery (2012), jejichž výsledky potvrzují zvyšování tělesné hmotnosti a snižování tělesné výšky v souvislosti se stárnutím.

Fitness skóre (body) je parametrem hodnotící zdatnost jedince. Standardní hodnoty fitness skóre se pohybují v rozmezí 70-90 bodů (průměrná fyzická kondice). V případě počtu bodů < 70 se jedná o podprůměrnou fyzickou kondici. Nadprůměrná tělesná zdatnost je charakterizována hodnotami > 90. V našem výzkumu se všechny hodnoty fitness skóre pohybovaly od 66,14-69,39 bodů. Habib (2013) zkoumal 428 probandů a došel k závěru, že v jednotkách < 70 se nacházelo 42 % populace. Nejvyšší procento populace bylo zastoupeno hodnotami < 80 (93 %). Přidalová a Kopecký (2013) zkoumali celkem 78 studentů, z nichž se v hodnotách < 70 jednotek pohybovalo 21 studentů. Dále uvedli, že tyto hodnoty v budoucnosti představují riziko rozvoje sarkopenické obezity.

Gába a Přidalová popisují významné zvýšení BFM a %BF v závislosti na věku. Obdobné hodnoty byly zjištěny i v naší práci. Zastoupení BFM u žen ve věku 50-59 let bylo  $26,3 \pm 11,2$ . V jejich studii u žen tohoto věku byly zjištěny hodnoty  $25,3 \pm 9,6$ . U žen ve věku 60-69 byly zaznamenány hodnoty tohoto parametru  $26,9 \pm 10,3$ . K podobným hodnotám dospěli i Gába s Přidalovou ( $25,9 \pm 7,9$ ). V naší práci byly nejnižší hodnoty BFM naměřeny u nejmladších žen ve věku 50-59 let a nejvyšší hodnoty u nejstarších žen ve věku > 69 let ( $29,7 \pm 9,0$ ). Hodnoty BFM se zvyšovaly s věkem. Stejně tak se zvyšovaly i hodnoty %BF. U nejmladších žen (50-59 let) bylo %BF  $34,9 \pm 8,1$ , zatímco u nejstarších žen (> 69 let) dosahovaly hodnoty  $39,8 \pm 6,7$ . V rámci %BF se naše hodnoty ještě více blížily hodnotám zjištěných Gábou a Přidalovou. %BF bylo u žen ve věku 50-59 let  $34,7 \pm 7,7$ . Lišilo se tedy o 0,2. Zastoupení FFM (kg) bylo v jejich studii srovnatelné se zastoupením FFM u seniorek v naší práci. Rozdíl mezi nejmladší skupinou (50-59 let) a nejstarší věkovou skupinou (> 69 let) činil 3,4 kg, což bylo souhlasné se studií Gáby a Přidalové, kteří u seniorek > 69 let zjistily pokles hodnot FFM na  $42,0 \pm 5,2$ . V naší práci bylo zjištěno navýšení tělesné hmotnosti v závislosti na věku. Nejmladší ženy (Ž1) vážily  $72,40 \pm 15,47$  kg, zatímco u nejstarších žen (Ž3) došlo ke zvýšení tělesné hmotnosti na  $73,35 \pm 11,87$  kg. Ve studii Přidalové a Gáby nedošlo k nárůstu tělesné hmotnosti u nejstarších žen, ale k poklesu o 1 kg

oproti ženám ve věku 50-59 let. Nicméně nejstarší ženy (> 69 let) měly o 8,3 kg větší tělesnou hmotnost než jejich nejmladší věková skupina (18-29 let). Vzhledem k těmto skutečnostem dodávají, že ačkoliv se FFM s věkem snižuje, tělesná hmotnost se zvyšuje v důsledku navýšení BFM.

Nejmenší relativní zastoupení tuku měly ženy ve věku 50-59 let (Ž1, 34,9 %). Rozdíl mezi relativním zastoupením tukové složky byl mezi skupinami Ž1 a Ž3 4,9 %.

Zajímavé výsledky byly shledány u parametru indexu Edema 2 jako jednoho z rizikových faktorů, které způsobují kardiovaskulární onemocnění. Z tohoto důvodu je na něj diplomová práce zaměřena. U měřených osob bylo sledováno zastoupení seniorek s hodnotou Edema 2 > 0,39, a nebo  $\leq 0,39$ . Index Edema 2 hodnotí vztah mezi extracelulárním roztokem (ECF) a celkovým tělesným fluidem (TBF). Zde se standardní hodnoty indexu Edema 2 pohybují v rozmezí 0,31 – 0,36 ECW/TBW. Standardní hodnoty indexu Edema 2 nebyly zaznamenány ani v jedné z věkových skupin. U žen ve věku 50-59 let (Ž1) bylo nejnižší procento žen s hodnotou indexu Edema 2 > 0,39 (6,81 %). U věkové skupiny 50-59 let (Ž2) již došlo k nárůstu na 18,79 % žen s hodnotou indexu Edema 2 > 0,39. K signifikantnímu nárůstu došlo u nejstarší věkové skupiny (> 69 let), kdy se zastoupení žen s hodnotou indexu Edema 2 pohybovalo na 55,30 %. Studie (Liu, Wang, Huang, Tung, Lee, Yang, Liu, Cherng, 2012), jejíž výsledky byly zaměřeny na re-hospitalizaci související se srdečním selháním, rozdělila pacienty do 2 skupin - index Edema 2 > 0,390 (n = 44) a index Edema 2  $\leq 0,390$  (n = 68). Dle jejich výsledků usuzují, že v případě hodnot indexu Edema 2 > 0,390, se jednalo o starší pacienty a že tato hodnota předpovídala vyšší pravděpodobnost re-hospitalizace související se srdečním selháním.

Při segmentální analýze indexu Edema 1 a Edema 2 byl zaznamenán nárůst obou indexů ve všech segmentech (pravá a levá horní končetina, trup, pravá a levá dolní končetina) u nejstarší věkové kategorie (Ž3; > 69 let). Nejvyšších hodnot dosahovaly průměrné hodnoty indexů u levé dolní končetiny. U žen ve věku 50-59 let (Ž1) byly hodnoty indexu Edema 1 levé dolní končetiny 0,338. U nejstarších žen (Ž3) dosahoval tento segment hodnot 0,349. Obdobně na tom byly hodnoty indexu Edema 2 levé dolní končetiny, které u Ž1 byly 0,385 a u Ž3 0,397. Hodnoty indexu Edema 1 levé dolní končetiny se pohybovaly od 0,338 do 0,349. Index Edema 2 levé dolní končetiny se pohyboval od 0,385 do 0,397. O něco nižších hodnot indexů Edema 1 a Edema 2 dosahovaly pravé dolní končetiny, dále trup, levé horní končetiny a nejmenších hodnot u obou indexů (Edema 1, Edema 2) dosahovaly pravé horní

končetiny. Index Edema 1 pravé horní končetiny se pohyboval v rozmezí 0,332-0,336. Index Edema 2 u pravé horní končetiny se pohyboval v rozmezí 0,379-0,383.

Nejvíce žen s hodnotou indexu Edema 2  $> 0,39$  bylo zaznamenáno v nejstarší skupině žen (Ž3,  $> 69$  let). Jednalo se o 55,30 % žen. Naopak nejnižší zastoupené procento žen s hodnotou indexu Edema 2 vyšší  $> 0,39$  bylo v nejmladší skupině žen – Ž1 (6,81 %). Tyto údaje souhlasí se studií Lio, Wang, Huang, Tung, Lee, Yang, Liu, Cherng (2012), kde tvrdí, že pokud je hodnota indexu Edema 2  $> 0,390$ , se ve většině případů jedná o starší pacienty, a že tato hodnota indexu Edema 2 předpovídá vyšší pravděpodobnost re-hospitalizace související se srdečním selháním.

Bunc, Stilec, Moravčová a Matouš (2000) měřily celkem 58 seniorek (60-82 let). Udávají, že hodnota TBW (l) byla nižší u seniorek než u žen středního věku. Podobné výsledky byly zjištěny i u našich seniorek, kdy hodnota TBW byla u žen ve věku 50-59 let  $33,7 \pm 3,9$  l a TBW u žen ve věku  $> 69$  let byla  $32,0 \pm 3,7$  l. Zastoupení množství TBW je v recipročním vztahu k množství tukové složky. Výsledky výše jmenované studie dokazují i pozitivní závislost věku na %BF, což je potvrzeno i v naší práci, kdy došlo u nejstarších žen (Ž3) k nárůstu %BF na  $39,8 \pm 6,7$  %. V rámci parametru FFM (kg) byla zjištěna negativní korelace. Naše práce je s těmito výsledky v souladu, jelikož průměrné hodnoty FFM mezi nejstarší a nejmladší skupinou seniorek se lišily o 2,4 kg.

Právě s vysokým podílem tukuprosté hmoty a nízkým podílem tukové složky, možná souvisí vyšší zastoupení TBW a jejich kompartmentů (ECW, ICW). U Ž3 došlo k poklesu FFM o 2,45 kg a TBW o 1,7 l, dále bylo zjištěno zvýšení BFM o 3,41 kg v porovnání se Ž1.

Nejvíce se doporučeným hodnotám ICW přiblížila věková skupina Ž3. ECW byla nejvíce zastoupena u žen seniorek Ž1 a Ž2, kde byly zjištěny stejné hodnoty. Nejméně byla ECW zastoupena u nejstarších žen (Ž3). Doporučeným hodnotám se nejvíce přiblížila věková skupina Ž1.

Hodnoty BMR (kcal) se snižovaly vzhledem k věku. Mezi nejstarší (Ž3) a nejmladší skupinou (Ž1) byl rozdíl 53 kcal. V rámci parametru BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) bylo zjištěno naopak jeho navýšení vzhledem k věku. U všech skupin se ženy nacházejí vzhledem k průměrné hodnotě BMI v kategorii nadváhy. Mercadal (2015) uvádí, že v praxi je BMI využíván lékaři k určení, zda se jedná o pacienta s nadváhou. Snaží se provádět úpravy týkající se věku a pohlaví.



Potvrzují naše výsledky, že starší jedinci mohou mít nižší BMI, což může být zapříčiněno ztrátou svalové hmoty.

## Závěry

Na základě analýzy vybraných parametrů tělesného složení jsme došli k závěru, že mladší skupiny žen (Ž1 a Ž2) byly v řadě parametrů srovnatelné. Největších rozdílů ve sledovaných parametrech dosahovaly nejstarší ženy (Ž3).

Nejstarší ženy byly nejvyšší, nejtěžší, s nejvyšší a rizikovou hodnotou BMI, VFA, BFM, PFM a s nejnižším zastoupením TBW, SMM, FFM.

Ve všech věkových skupinách parametry související s tukovou složkou přesahovaly výrazně doporučené hodnoty. Ostatní sledované parametry doporučené hodnoty převyšovaly.

Vodní kompartmenty (ECW, ICW) se snižovaly vzhledem k věku. Nejvyšší hodnoty ICW byly zjištěny u Ž1 a Ž2, kde byly hodnoty podobné. Nejnižší hodnota ICW byla u nejstarších žen (Ž3).

Průměrné hodnoty indexů Edema 1 a Edema 2 se zvyšovaly s věkem. V rámci kategorizace indexu Edema 2 ( $> 0,39$  a  $\leq 0,39$ ) bylo zjištěno, že nejvyšší zastoupení seniorek s hodnotou  $> 0,39$  bylo u nejstarší věkové skupiny (Ž3). Ve všech věkových skupinách se však vyskytovalo vysoké frekvenční zastoupení v rizikové kategorii  $> 0,39$ .

V porovnání vybraných parametrů tělesného složení v rámci kategorizace indexu Edema 2 byly zjištěny nejvyšší rozdíly v parametrech - VFA ( $\text{cm}^2$ ), BFM (kg), %BF (%), BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) a ECW (l), ( $p < 0,005$ ).

## Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat tělesné složení u seniorek zejména se zaměřením na vodní kompartmenty vzhledem k věku. Pro měření byl využit přístroj pracující na principu bioelektrické impedance Inbody 720.

Teoretická část se zabývá involučními změnami související se stářím. Jsou zmíněny i některé studie zabývající se touto problematikou. V souvislosti s tělesným složením jsou uvedeny jednotlivé modely a parametry tělesného složení. Do teoretické části byly vybrány i některé studie zabývající se změnami tělesného složení u osob s určitým typem onemocnění. Nejvíce se práce zaměřuje na metodu bioelektrické impedance. Diplomová práce obsahuje informace o její historii a principech. V závěru teoretické části diplomové práce je uvedeno srovnání několika přístrojů pracujících na principu BIA.

Výzkumný soubor tvořilo celkem 678 seniorek, které byly rozděleny do 3 věkových kategorií (Ž1, Ž2, Ž3). Průměrný věkový rozdíl mezi nejmladší (Ž1) a nejstarší (Ž3) věkovou skupinou byl 20,8 let. Skupinu Ž1 tvořily nejmladší ženy průměrného věku 54,6 let, s nejvyšší tělesnou výškou (163,4 cm) a nejnižší tělesnou hmotností (72,4 kg). Ž2 byly skupinou zahrnující ženy 60-69leté, s průměrným věkem 63,9 let. Nejstarší věková kategorie s průměrným věkem 75,4 let zahrnovala ženy starší 69 let. Nejstarší ženy byly nejmenší (159,3 cm) a nejtěžší (73,3 kg), s nejvyšším BMI (28,9 kg/m<sup>2</sup>) a nejvyšší hodnotou tukové složky (BFM – 29,7 kg, %BF – 39,8 %) a také VFA (142,6 cm<sup>2</sup>).

Nejvyšší množství celkové tělesné vody bylo zjištěno u nejmladších žen (Ž1). Bylo zjištěno snížení celkové tělesné vody vzhledem k rostoucímu věku. Nejnižší zastoupení tělesné vody bylo zaznamenáno u Ž3. Signifikantní rozdíly byly zjištěny mezi věkovými skupinami Ž1 a Ž3, dále mezi věkovými skupinami Ž2 a Ž3. Vodní kompartmenty (extra- a intracelulární tekutina) se rovněž snižovaly s věkem. Nejvyšší zastoupení extracelulární tekutiny bylo u žen ve věku 50-59 let, nejnižší zastoupení bylo zjištěno u žen ve věku > 69 let. Ke stejným výsledkům jsme došli v rámci intracelulární tekutiny. U extra- a intracelulární tekutiny nebyly zjištěny žádné signifikantní rozdíly.

Index Edema 1 se pohyboval v rozmezí 0,33-0,34. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u věkové skupiny Ž3. Hodnoty indexu Edema 2 se pohybovaly v rozmezí 0,38-0,39. Nejvyšší hodnoty tohoto indexu byly zjištěny opět u nejstarší věkové skupiny (Ž3). Nejvíce seniorek

s hodnotou indexu Edema 2  $> 0,39$  se vyskytovalo u nejstarší věkové skupiny. Nejnižší počet seniorek s touto hodnotou byl zjištěn u věkové kategorie 50-59 let (Ž1).

Vzhledem k výsledkům segmentální analýzy indexu Edema 1 a indexu Edema 2 lze konstatovat zvýšení hodnot jednotlivých indexů s věkem. Nejvyšší hodnoty Edema 2 byly nalezeny u levé dolní končetiny. Nejnižší hodnoty se vyskytovaly u pravých horních končetin.

Zastoupení tukuprosté hmoty (FFM) a kosterní svaloviny (SMM) se snižovalo s věkem, i když doporučené hodnoty byly respektovány. S narůstajícím věkem docházelo ke snižování hodnot kosterního svalstva. U nejmladších žen (Ž1) byly zaznamenány nejvyšší hodnoty, u nejstarších žen (Ž3) bylo zjištěno nejnižší zastoupení SMM.

Hlavní cíl spolu s dílčími cíli diplomové práce byly splněny.

## Summary

The aim of this diplom thesis was to analyze body composition of senior citizens especially focused on water compartment due to age. For the measurement there was used Inbody 720, which works on bioelectric impedance.

The theoretical part deals with involution changes, which are connected with age. There are also some studies dealing with this issue. In connection with the body composition, there are presented the various models and parameters of the body composition. In the theoretical part were also selected some studies on changes in body composition by people with a certain type of illness. Most of the work focused on the bioelectric impedance method. Thesis contains information about its history and principles. At the conclusion of the theoretical part of the thesis provides a comparison between several devices working on the principle of BIA.

The research sample consisted of a total of 678 there, which were divided into 3 age categories (Ž1, Ž2, Ž3). The average age difference between the youngest (Ž1) and the oldest (Ž3) age group was 20,8 years. A group of Ž1 accounted for the youngest women of an average age of 54.6 years, with the highest body height (163,4 cm) and the lowest body weight (72,4 kg). Ž2 have been a group involving women 60-69, with an average age of 63,9 years. The oldest age category with an average age of 75,4 years included women older than 69 years. The oldest women were the least (159,3 cm) and heaviest (73,3 kg), with the highest BMI (28,9 kg/m<sup>2</sup>) and the highest value in the fat component (BFM – 29,7 kg, %BF – 39,8 %) and VFA (142,6 cm<sup>2</sup>).

The highest amount of total body water was found in the youngest women (Ž1). It was found a decrease in total body water due to increasing age. The lowest percentage of body water was noted in Ž3. Significant differences were found between age groups Ž1 and Ž3, further between the age groups Ž2 and Ž3. Water compartments (extra - and intracellular fluid) is also decreased with age. The highest representation of the extracellular fluid was in women aged 50-59 years, the lowest percentage was found in women aged > 69 years. To the same results we obtained in the framework of the intracellular fluid. At the extra - and intracellular fluid did not reveal any significant differences.

Index Edema 1 is moved in the range of 0,33-0,34. The highest value was found in the age group Ž3. The value of the index Edema 2 were in the range of 0,38-0,39. The highest

values of this index were detected again in the oldest age groups (Ž3). Most there you with the value of the index of Edema 2 > of 0,39 occurred in the oldest age group. The lowest number there with this value was found in the age category of 50-59 years (Ž1).

Due to the results of segmental analysis, the index of Edema 1 and the index of Edema 2 can be noted increase in the values of the individual indices with age. The highest values of Edema 2 were found in the left lower extremity. The lowest values occurred in the right upper limb.

The representation of fat-free mass (FFM) and skeletal muscle (SMM) is reduced with age, although the recommended values were respected. With increasing age lowering the values of the skeletal muscles. In the youngest women (Ž1) were recorded the highest values in the oldest women (Ž3), it was found the lowest representation of the SMM.

The main target together with sub-goals of the thesis have been met.

## Referenční seznam

- Anonymous (2014). *Data Input*. Retrieved from the World Wide Web: <http://www.data-input.de/bia/deutsch/wissenschaft/bia-kompendium.php>.
- Bartůňková, S. (2014). *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Univerzita Karlova v Praze: Nakladatelství Karolinum Praha.
- Biesalski, H. K., Grimm, P. (2006). *Pocket atlas of Nutrition*, 12.
- Bodystat (2018). *Multiscan 5000*. Retrieved 18. 3. 2018 from the World Wide Web: <https://www.bodystat.com/product-catalog/bodystat-multiscan-5000/>.
- Bodystat (2018). *Quadscan 4000*. Retrieved 18. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://www.bodystat.cz/quadscan>.
- Boneva-Asiova, Z., Boayanov, M. (2011). Original article: Age-related changes of body composition and abdominal adipose tissue assessed by bio-electrical impedance analysis and computed tomography. *Endocrinología y nutrición (English Edition)*, 58(9).
- Bunc, V., Cingálek, R., Moravcová, J. & Kalous, J. (2001). Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. *Sborník 2. mezinárodní konference Pohyb a zdraví*. Olomouc: UP FTK.
- Bunc, V., Stilec, M., Moravcová, & M., Matouš, M. (2000). Body Composition Determination by Whole Body Bioimpedance Measurement in Women Seniors. *Acta Universitatis Carolinae: Kinanthropologica*, 36(1), 23-37.
- Butte, N. F., Hopkinson, J. M., Ellis, K. J., Wong, W. W., & Smith, E. O. (1997). Changes in fat-free mass and fat mass in postpartum women: a comparison of body composition models. *International Journal Of Obesity And Related Metabolic Disorders: Journal Of The International Association For The Study Of Obesity*, 21(10).
- Doleman, B., Mills, K., Lim, S., Zelhart, M., & Gagliardi, G. (2016). Body mass index and colorectal cancer prognosis: a systematic review and meta-analysis. *Techniques In Coloproctology*, 20(8), 517-35.
- Dorhöfer, R. P., & Pirlich, M. (2007). *Das BIA-Kompendium, III. Ausgabe*. Data Input GmbH, Darmstadt.
- Dostálová, I., & Sigmund, M. (2017). *Pohybový systém*. Olomouc: Nakladatelství Poznání.

- Gába, A. & Přidalová, M. (2014). Změny ve složení těla ve vztahu k věku ve vzorku českých žen ve věku 18-89 let: průřezová studie. *Evropský žurnál výživy*, 53(1), 167-176.
- Gába, A., Riegerová, J., & Přidalová, M. (2009). Hodnocení tělesného složení seniorek – studentek U3V pomocí InBody 720. *Česká antropologie*, 59(1-2).
- Gába, A., Zając-Gawlak, I., Přidalová, M., & Pošpiech, D. (2011). Analýza rozdílů vybraných parametrů tělesného složení stanovených přístrojem InBody 720 a Tanita BC-418. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 20(2), 88-96.
- Guo, S. S., Zeller, C., Chumlea, W. C., & Siervogel, R. M. (1999). Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 70(3), 405-11 .
- Hollander, E., Zuthpen, M., Bogers, M., Bemelmans, W., Groot, L. (2012). The impact of body mass index in old age on cause-specific mortality. *Journal of Nutrition, Health*, 16(1), 100-106.
- InBody (2018). *InBody 270*. Retrieved 15. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/produkty/74-inbody>.
- InBody (2018). *Inbody 370*. Retrieved 15. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/produkty/12-inbody>.
- InBody (2018). *InBody 370s*. Retrieved 15. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/produkty/624-inbody>.
- InBody (2018). *InBody 570*. Retrieved 15. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/produkty/31-inbody>.
- InBody (2018). *InBody J30*. Retrieved 15. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/produkty/812-inbody>.
- InBody (2018). *InBody S10*. Retrieved 15. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/produkty/75-inbody>.
- InBody (2018). *InBody 770*. Retrieved 15. 3. 2018 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/produkty/20-inbody>.
- Jacquelin-Ravel, N., Pichard, C. (2012). Clinical nutrition, body composition and oncology: A critical literature review of the synergies. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 84(1), 37 – 46.



- Kanaley, J. A., Sames, C., Swisher, L., Swick, A. G., Ploutz-Snyder, L. L., Steppan, C. M., Sagendorf, K. S., Feiglin, D., Jaynes, E. B., Meyer, R. A., & Weinstock, R. S. (2001). Abdominal fat distribution in pre- and postmenopausal women: The impact of physical activity, age, and menopausal status. *Metabolism: clinical and experimental*, 50(8), 976-982.
- Kaplanová, T., Přidalová, M., & Zbořilová, V. (2017). An evaluation of frailty factors among elderly and their mutual links in elderly women in the Olomouc region. *Acta Gymnica*, 47,33-40.
- Kočárek, E. (2010). *Biologie člověka 1*. Scientia.
- Kopecký, M., Cymek, L., Matejovičová, B., & Charamza, J. (2013). *Základy fyzické antropologie*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Kubešová, L. (2006). *Zdraví pro třetí věk*. Praha: Rebo Productions.
- Kutáč, P. (2009). *Základy kinantropometrie (pro studující obor Tv a sport)*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity.
- Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., Karsegard, V. L., Michel, J.-P., Slosman, D. O., Pichard, C. (2001). Total Body Mass, Fat Mass, Fat-Free Mass, and Skeletal Muscle in Older People: Cross-Sectional Differences in 60-Year-Old Persons. *The American Geriatrics Society*, 49(12), 1-8.
- Kong, K. A., Park, J., Hong, S-h., Hong Y. S., Sung, Y-A., & Lee, H. (2017). Associations between body mass index and mortality or cardiovascular events in a general Korean population. *PLoS ONE*, 12(9), 1-17.
- Mereu, E., Succa, V., Buffa, R., Marini, E., Sanna, C., Mereu, R. M., & Catte, O. (2018). Total body and arm bioimpedance in patients with Alzheimer's disease. *Experimental Gerontology*, 102, 145 – 148.
- Merkunová, A., & Orel, M. (2008). *Anatomie a fyziologie člověka: Pro humanitní obory*. Praha: Grada 2008.
- Peniche, R., Beatriz, G., Giorguli, G. R., & Alemán-Mateo, H. (2015). Accuracy of a predictive bioelectrical impedance analysis equation for estimating appendicular skeletal muscle mass in a non-Caucasian sample of older people. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 61(1), 39-43.

- Poehlman, E. T. (2002). Menopause, energy expenditure, and body composition. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 81(7), 603-11.
- Podzimková, T., Přidalová, M., & Zbořilová, V. (2017). An Evaluation of Frailty Factors among Elderly and their Mutual Links Amongst Elderly Woman in the Olomouc Region. *Acta Gymnica*, 47(1), 33-40.
- Přidalová, M., Sofková, T., Dostálová, I., Gába, A. (2011). Vybrané zdravotní ukazatele u žen s nadváhou a obezitou ve věku 20-60 let. *Česká antropologie*, 61(1).
- Puri, A., Singh, V., Pandey, S., Singh, R., Singh, Ch., Sprivastav, R. (2014). Measurement of body fat percentage and visceral fat rating using bioelectrical impedance analysis in coronary artery disease). patients and its associations with aggressive lipid lowering treatment. *Journal of Indian College of Cardiology*, 4(1), 1-7.
- Riegerová, J. (2002). *Diagnostika pohybového systému – metody vyšetření, primární prevence, prostředky pohybové terapie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a ve sportu (příručka funkční antropologie*. Olomouc: Hanex.
- Rokyta a kolektiv (2015). *Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Santarpia, L., Marra, M., Montagnese, M., Alfonsi, M., Pisanisi, F., Contaldo, F. (2009). Prognostic significance of bioelectrical impedance phase angle in advanced cancer: Preliminary observations. *Nutrition*, 25(9).
- Sedláček, J., Cacek, J., Michálek, J., Sebera, M. (2012). Sex Differences of Somatic Parameters in Czech Senior Population. *Gymnasium: Scientific Journal of Education, Sports*, 13(1), 154-161.
- Silbernagl, S., Nedbalová, M., Mlčková, P. et al. (2016). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada.
- Sofková, T., & Přidalová, M. (2016). *Somatodiagnostika u žen v kontextu redukční intervence*. Praha: Powerprint.
- Stewart, A. D., & Sutton, L. (2012). *Body composition in sport, exercise and health*. Abington: Routledge.

- Šebić, L.,Lubojević, A., Anožinović, A., Omerhodžić, Š., Kajević, D. (2012). Effects of circuit training on body composition of woman. *Homo Sporticus*, 18(2), 28-33.
- Štěpánková, H., Höschl, C., Vidovičová, L. et al. (2014). Hodnocení a možnosti ovlivnění funkčního stavu pohybového aparátu prostřednictvím sledování změn tělesného složení u seniorů. *Gerontologie: Současné otázky z pohledu biomedicíny a společenských věd*, 167+.
- Tanita (2018). Tanita RD-545. Retrieved 19. 3. 2018 from the World Wide Web: <https://www.tanita-eshop.cz/tanita-rd-545>.
- Trojan, S., & Schreiber, M. (2007). *Atlas biologie člověka*. Scientia.
- Vignerová, J., & Bláha, P. (2001). *Sledování růstu českých dětí a dospívajících*. Praha: Státní zdravotní ústav.
- Vondracek, S. F., & Linnebur, S. A. (2009).Diagnosis and management of osteoporosis in the older senior. *Clinical Interventions in Aging*, 4, 121-136.
- Walter-Kroker, A., Kroker, A., Mattiucci-Guehlke, M., Glaab, T. (2011). A practical guide to bioelectrical impedance analysis using the example of chronic obstructive pulmonary disease. *Nutritional Journal*. doi: 10.1186/1475-2891-10-35.
- Zadák, Z. (2016). Prevention and therapy of sarcopenia in the ageing. *Vnitřní lékařství*, 62(7-8), 671-7.
- Zvonař, M., Duvač, I. a kolektiv (2011). *Antropomotorika pro magisterský program tělesná výchova a sport*. Brno: Masarykova univerzita.

## **Přílohy**

**Příloha 1.** Seznam používaných zkratk

**Příloha 2.** Popisné charakteristiky věkové skupiny Ž1

**Příloha 3.** Popisné charakteristiky věkové skupiny Ž2

**Příloha 4.** Popisné charakteristiky věkové skupiny Ž3

**Příloha 5.** Tělesná výška – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 6.** Tělesná hmotnost – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 7.** Fitness skóre – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 8.** BMR – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 9.** BMI – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 10.** TBW – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 11.** ECW – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 12.** ICW – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 13.** Edema 2 – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 14.** FFM – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 15.** SMM – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 16.** %BF – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 17.** VFA – Kruskal-Wallisův test

**Příloha 18.** Regresní závislosti parametrů Edema 2 a věku

**Příloha 19.** Regresní závislosti parametrů Edema 2 a FFM

**Příloha 20.** Regresní závislosti parametrů Edema 2 a Target Abdominal Obesity Degree

**Příloha 21.** Regresní závislosti parametrů Edema 2 a ICW

**Příloha 22.** Regresní závislosti parametrů Edema 2 a ECW

**Příloha 23.** Regresní závislosti parametrů Edema 2 a %BF

**Příloha 24.** Porovnání vybraných parametrů dle indexu Edema 2

## Příloha 1

### Seznam používaných zkratk

<b>BMR</b>	-	Bazal Metabolic Rate – bazální metabolismus (kcaů)
<b>BMC</b>	-	Bone Mineral Content – množství kostních minerálů (kg)
<b>VFA</b>	-	Visceral Fat Area – viscerální tuk (kg)
<b>SMM</b>	-	Skeletal Muscle Mass – kosterní svalovina (kg)
<b>BFM</b>	-	Body fat mass – tuková hmota (kg)
<b>%BF</b>	-	Percent Body Fat – procento tělesného tuku (%)
<b>BMI</b>	-	Body Mass Index (kg/m <sup>2</sup> )
<b>TBW</b>	-	Total body water – celková tělesná voda (l)
<b>ICW</b>	-	Intracellular Water Mass – intracelulární tekutina (l)
<b>ECW</b>	-	Extracellular Water Mass – extracelulární tekutina (l)
<b>VFA</b>	-	Visceral Fat Area – abdominální tuk (cm <sup>2</sup> )
<b>FFM</b>	-	Fat free mass – tukuprostá hmota (kg)
<b>Target</b>	-	doporučená hodnota

## Příloha 2

### Popisné charakteristiky věkové skupiny Ž1

Parametr	Věková kategorie 50-59 ŽENY				
	N	M	SD	MIN	MAX
<b>Věk (let)</b>	264	54,659	2,753	50	59
<b>Tělesná výška (cm)</b>	264	163,478	4,7322	147,1	176
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	264	72,406	15,4739	48,1	122,8
<b>Fitness Score (body)</b>	262	68,958	7,3954	47	85
<b>BMR (kcal)</b>	264	1365,09	117,715	1133,42	1726,1
<b>BMC (kg)</b>	264	2,716	0,3321	2,08	3,73

<b>BCM (kg)</b>	264	29,863	3,5685	22,67	40,84
<b>VFA (kg)</b>	264	113,419	41,7566	24,18	232,1
<b>SMM (kg)</b>	264	25,192	3,2493	18,64	35,19
<b>BFM (kg)</b>	264	26,338	11,256	8,1	62,6
<b>%BF (%)</b>	264	34,914	8,1459	15,32	52,79
<b>Abdominal Obesity Degree (kg)</b>	264	0,911	0,0703	0,77	1,09
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	264	27,057	5,4868	17,94	44,3
<b>Target Weight (kg)</b>	264	57,504	3,3244	46,5	66,6
<b>Target SMM (kg)</b>	264	24,317	1,5223	19,29	28,48
<b>Target %BF (%)</b>	264	23	0	23	23
<b>Target %BF (%)</b>	264	13,227	0,7688	10,7	15,3
<b>Target Abdominal Obesity Degree (kg)</b>	264	21,5	0	21,5	21,5
<b>Edema 1</b>	264	0,336	0,0048	0,325	0,352
<b>Edema 2</b>	264	0,383	0,005	0,372	0,399
<b>Edema Index 1 of Right Arm</b>	264	0,332	0,0034	0,323	0,34
<b>Edema Index 1 of Left Arm</b>	264	0,333	0,004	0,324	0,37
<b>Trunk Edema 1</b>	264	0,336	0,0047	0,326	0,35
<b>Edema Index 1 of Right Leg</b>	264	0,336	0,0057	0,322	0,355
<b>Edema Index 1 of Left Leg</b>	264	0,338	0,0065	0,323	0,361
<b>Edema Index 2 of Right Arm</b>	264	0,379	0,0036	0,369	0,388
<b>Edema Index 2 of Left Arm</b>	264	0,38	0,0042	0,371	0,419
<b>Edema Index 2 of Trunk</b>	264	0,383	0,005	0,372	0,398
<b>Edema Index 2 of Left Leg</b>	264	0,383	0,006	0,368	0,403
<b>Edema Index 2 of Right Leg</b>	264	0,385	0,0068	0,369	0,409
<b>ICW (l)</b>	264	20,849	2,4908	15,8	28,5
<b>ECW (l)</b>	264	12,938	1,5194	9,9	17,6
<b>Protein Mass (kg)</b>	264	9,009	1,0753	6,8	12,3
<b>Mineral Mass (kg)</b>	264	3,266	0,4024	2,43	4,46
<b>BFM (kg)</b>	264	26,338	11,256	8,1	62,6
<b>TBW (l)</b>	264	33,787	3,9945	25,9	46,1
<b>SLM (kg)</b>	264	43,355	5,1318	33,3	59,1

<b>FFM (kg)</b>	264	46,068	5,4534	35,3	62,8
<b>Target ICW (l)</b>	264	20,178	1,1641	16,3	23,4
<b>Target ECW (l)</b>	264	12,369	0,7171	10	14,3
<b>Target TBW (l)</b>	264	32,543	1,8822	26,3	37,7
<b>Target Protein Mass (kg)</b>	264	8,727	0,5037	7,1	10,1
<b>Target Mineral Mass (kg)</b>	264	3,011	0,174	2,44	3,49
<b>Target %BF (%)</b>	264	13,227	0,7688	10,7	15,3
<b>Right Arm Lean Mass (kg)</b>	264	2,378	0,4396	1,54	3,63
<b>%Right Arm Lean Mass (%)</b>	264	113,501	19,2459	71,09	165,72
<b>Target %Right Arm Lean Mass (%)</b>	264	104,989	10,8264	79,01	140,65
<b>Left Arm Lean Mass (kg)</b>	264	2,345	0,4379	1,46	3,58
<b>%Left Arm Lean Mass (%)</b>	264	111,946	19,2816	66,55	155,53
<b>Target %Left Arm Lean Mass (%)</b>	264	103,508	10,7644	77,84	138,53
<b>Trunk Lean Mass</b>	264	20,548	2,7104	15,3	28,19
<b>%Trunk Lean Mass (%)</b>	264	107,624	12,4126	79,11	138,31
<b>Target %Trunk Lean Mass (%)</b>	264	100,871	5,5689	86,25	111,45
<b>Right Leg Lean Mass (kg)</b>	264	7,108	0,9544	5,08	10,06
<b>%Right Leg Lean Mass (%)</b>	264	106,765	10,8551	82,25	140,8
<b>Target %Right Leg Lean Mass (%)</b>	264	99,809	6,252	83,14	118,33
<b>Left Leg Lean Mass (kg)</b>	264	7,1	0,9308	5,2	10,21
<b>%Left Leg Lean Mass (%)</b>	264	106,654	10,5293	84,83	140,81
<b>Target %Left Leg Lean Mass (%)</b>	264	99,728	6,1439	85,23	123,6

### Příloha 3

#### Popisné charakteristiky věkové skupiny Ž2

Parametr	Věková kategorie 60-69 ŽENY				
	N	M	SD	MIN	MAX
<b>Věk (let)</b>	282	63,965	2,8508	60	69
<b>Tělesná výška (cm)</b>	282	162,035	5,9596	146	176,6
<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	282	72,62	14,3865	43,4	152
<b>Fitness Score (body)</b>	282	69,398	6,5916	49	87

<b>BMR (kcal)</b>	282	1356,59	116,487	1044,66	1800,61
<b>BMC (kg)</b>	282	2,682	0,3151	1,88	3,61
<b>BCM (kg)</b>	282	29,479	3,4831	20,02	42,84
<b>VFA (kg)</b>	282	124,048	37,7439	53,3	303,34
<b>SMM (kg)</b>	282	24,842	3,1712	16,23	37,01
<b>BFM (kg)</b>	282	26,944	10,3699	9,4	85,8
<b>%BF (%)</b>	282	35,996	6,9746	18,5	56,43
<b>Abdominal Obesity Degree (kg)</b>	282	0,937	0,0679	0,79	1,12
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	282	27,644	5,3136	18,01	63,68
<b>Target Weight (kg)</b>	282	56,524	4,1514	45,8	67,1
<b>Target SMM (kg)</b>	282	23,868	1,8996	18,97	28,68
<b>Target %BF (%)</b>	282	23	0	23	23
<b>Target %BF (%)</b>	282	13,001	0,9563	10,5	15,4
<b>Target Abdominal Obesity Degree (kg)</b>	282	21,5	0	21,5	21,5
<b>Edema 1</b>	282	0,339	0,0053	0,326	0,358
<b>Edema 2</b>	282	0,386	0,0056	0,372	0,406
<b>Edema Index 1 of Right Arm</b>	282	0,334	0,0037	0,324	0,348
<b>Edema Index 1 of Left Arm</b>	282	0,335	0,0037	0,316	0,348
<b>Trunk Edema 1</b>	282	0,339	0,0053	0,326	0,358
<b>Edema Index 1 of Right Leg</b>	282	0,34	0,0068	0,321	0,363
<b>Edema Index 1 of Left Leg</b>	282	0,342	0,0068	0,324	0,366
<b>Edema Index 2 of Right Arm</b>	282	0,381	0,0038	0,371	0,396
<b>Edema Index 2 of Left Arm</b>	282	0,382	0,0039	0,361	0,396
<b>Edema Index 2 of Trunk</b>	282	0,387	0,0056	0,372	0,407
<b>Edema Index 2 of Left Leg</b>	282	0,387	0,0072	0,367	0,411
<b>Edema Index 2 of Right Leg</b>	282	0,389	0,0071	0,37	0,415
<b>ICW (l)</b>	282	20,581	2,43	14	29,9
<b>ECW (l)</b>	282	12,964	1,5849	8,9	20
<b>Protein Mass (kg)</b>	282	8,896	1,0485	6	12,9
<b>Mineral Mass (kg)</b>	282	3,227	0,379	2,17	4,31
<b>BFM (kg)</b>	282	26,944	10,3699	9,4	85,8



<b>TBW (l)</b>	282	33,545	3,9944	22,9	49,9
<b>SLM (kg)</b>	282	42,997	5,1062	29,4	63,7
<b>FFM (kg)</b>	282	45,676	5,3935	31,2	66,2
<b>Target ICW (l)</b>	282	19,833	1,4566	16,1	23,5
<b>Target ECW (l)</b>	282	12,159	0,8924	9,9	14,4
<b>Target TBW (l)</b>	282	31,991	2,3509	25,9	37,9
<b>Target Protein Mass (kg)</b>	282	8,575	0,6303	7	10,2
<b>Target Mineral Mass (kg)</b>	282	2,96	0,2174	2,4	3,51
<b>Target %BF (%)</b>	282	13,001	0,9563	10,5	15,4
<b>Right Arm Lean Mass (kg)</b>	282	2,426	0,4254	1,34	4,01
<b>%Right Arm Lean Mass (%)</b>	282	118,22	19,8374	74,55	213,9
<b>Target %Right Arm Lean Mass (%)</b>	282	108,075	11,805	78,91	164,16
<b>Left Arm Lean Mass (kg)</b>	282	2,403	0,4314	1,33	4,2
<b>%Left Arm Lean Mass (%)</b>	282	117,088	20,2804	74,1	224,33
<b>Target %Left Arm Lean Mass (%)</b>	282	107,019	12,2717	76,88	165,84
<b>Trunk Lean Mass</b>	282	20,691	2,6393	13,89	30,54
<b>%Trunk Lean Mass (%)</b>	282	110,396	12,5265	84,79	179,2
<b>Target %Trunk Lean Mass (%)</b>	282	102,277	6,1127	87,43	121,23
<b>Right Leg Lean Mass (kg)</b>	282	6,831	1,0077	4,06	9,58
<b>%Right Leg Lean Mass (%)</b>	282	104,327	10,856	72,1	155,07
<b>Target %Right Leg Lean Mass (%)</b>	282	96,312	6,4017	78,02	114,82
<b>Left Leg Lean Mass (kg)</b>	282	6,824	1,0062	4,16	9,52
<b>%Left Leg Lean Mass (%)</b>	282	104,193	10,7335	76,3	159,02
<b>Target %Left Leg Lean Mass (%)</b>	282	96,202	6,4593	79,24	116,29

#### Příloha 4

##### Popisné charakteristiky věkové skupiny Ž3

Parametr	Věková kategorie > 69 ŽENY				
	N	M	SD	MIN	MAX
<b>Věk (let)</b>	132	75,432	4,4946	70	90
<b>Tělesná výška (cm)</b>	132	159,322	6,5424	141,5	182,7

<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	132	73,355	11,8719	46,5	114,2
<b>Fitness Score (body)</b>	132	66,147	7,2895	48	83
<b>BMR (kcal)</b>	132	1312,07	108,908	1101,43	1601,34
<b>BMC (kg)</b>	132	2,582	0,2998	2	3,6
<b>BCM (kg)</b>	132	27,902	3,2129	21,53	36,24
<b>VFA (kg)</b>	132	142,608	36,1699	69,68	234,41
<b>SMM (kg)</b>	132	23,407	2,9243	17,61	30,99
<b>BFM (kg)</b>	132	29,74	9,0267	12,3	57,6
<b>%BF (%)</b>	132	39,803	6,789	22,53	52,94
<b>Abdominal Obesity Degree (kg)</b>	132	0,947	0,078	0,79	1,21
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	132	28,92	4,4702	20,13	41,34
<b>Target Weight (kg)</b>	132	54,667	4,5117	43	71,8
<b>Target SMM (kg)</b>	132	23,016	2,0658	17,7	30,84
<b>Target %BF (%)</b>	132	23	0	23	23
<b>Target %BF (%)</b>	132	12,573	1,0408	9,9	16,5
<b>Target Abdominal Obesity Degree (kg)</b>	132	21,5	0	21,5	21,5
<b>Edema 1</b>	132	0,345	0,0068	0,332	0,364
<b>Edema 2</b>	132	0,393	0,0072	0,379	0,413
<b>Edema Index 1 of Right Arm</b>	132	0,336	0,0041	0,327	0,348
<b>Edema Index 1 of Left Arm</b>	132	0,337	0,004	0,323	0,347
<b>Trunk Edema 1</b>	132	0,346	0,0068	0,333	0,365
<b>Edema Index 1 of Right Leg</b>	132	0,347	0,0085	0,331	0,369
<b>Edema Index 1 of Left Leg</b>	132	0,349	0,0086	0,33	0,374
<b>Edema Index 2 of Right Arm</b>	132	0,383	0,0043	0,374	0,396
<b>Edema Index 2 of Left Arm</b>	132	0,384	0,0043	0,369	0,395
<b>Edema Index 2 of Trunk</b>	132	0,393	0,0071	0,38	0,413
<b>Edema Index 2 of Left Leg</b>	132	0,395	0,0089	0,377	0,418
<b>Edema Index 2 of Right Leg</b>	132	0,397	0,009	0,376	0,423
<b>ICW (l)</b>	132	19,48	2,2365	15	25,3
<b>ECW (l)</b>	132	12,609	1,5289	9,6	16,7
<b>Protein Mass (kg)</b>	132	8,421	0,967	6,5	10,9

<b>Mineral Mass (kg)</b>	132	3,104	0,36	2,42	4,29
<b>BFM (kg)</b>	132	29,74	9,0267	12,3	57,6
<b>TBW (l)</b>	132	32,089	3,7352	24,9	41,8
<b>SLM (kg)</b>	132	41,033	4,7586	31,8	53,4
<b>FFM (kg)</b>	132	43,614	5,0437	33,9	57
<b>Target ICW (l)</b>	132	19,18	1,5843	15,1	25,2
<b>Target ECW (l)</b>	132	11,759	0,9698	9,3	15,4
<b>Target TBW (l)</b>	132	30,937	2,5537	24,4	40,6
<b>Target Protein Mass (kg)</b>	132	8,294	0,69	6,5	10,9
<b>Target Mineral Mass (kg)</b>	132	2,862	0,2367	2,25	3,76
<b>Target %BF (%)</b>	132	12,573	1,0408	9,9	16,5
<b>Right Arm Lean Mass (kg)</b>	132	2,315	0,3742	1,52	3,35
<b>%Right Arm Lean Mass (%)</b>	132	117,939	18,9015	77,03	208,22
<b>Target %Right Arm Lean Mass (%)</b>	132	105,832	12,5211	73,68	157,58
<b>Left Arm Lean Mass (kg)</b>	132	2,285	0,3774	1,52	3,32
<b>%Left Arm Lean Mass (%)</b>	132	116,36	18,8707	79,87	208,95
<b>Target %Left Arm Lean Mass (%)</b>	132	104,433	12,6452	76,4	158,13
<b>Trunk Lean Mass</b>	132	19,842	2,3623	15,07	26,62
<b>%Trunk Lean Mass (%)</b>	132	109,621	10,2339	87,38	143,84
<b>Target %Trunk Lean Mass (%)</b>	132	99,867	5,8111	84,02	115,36
<b>Right Leg Lean Mass (kg)</b>	132	6,506	1,1422	4,35	11,04
<b>%Right Leg Lean Mass (%)</b>	132	102,788	12,0297	79,69	152,82
<b>Target %Right Leg Lean Mass (%)</b>	132	93,162	9,0414	74,68	128,53
<b>Left Leg Lean Mass (kg)</b>	132	6,428	1,0628	4,54	9,95
<b>%Left Leg Lean Mass (%)</b>	132	101,605	10,8892	81,13	139,4
<b>Target %Left Leg Lean Mass (%)</b>	132	92,106	8,091	73,99	118,54

## Příloha 5

*Tělesná výška – Kruskal-Wallisův test*

<b>Tělesná výška (cm)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; tělesná výška Nezávislá (grupovací) proměnná: věková skupina Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=763) = 10,23222$ $p = ,0167$		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:404,08	R:381,78	R:340,93
<b>1</b>		1,20623	<b>2,918788(0,021084)</b>
<b>2</b>	1,20623		1,94351
<b>3</b>	<b>2,918788 (0,021084)</b>	1,94351	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 6

*Tělesná hmotnost – Kruskal-Wallisův test*

<b>Tělesná hmotnost (kg)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; tělesná hmotnost Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=763) = 14,97652$ $p = ,0018$		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:359,15	R:359,15	R:424,06
<b>1</b>		1,450128	<b>3,000089(0,016194)</b>
<b>2</b>	1,450128		1,812691
<b>3</b>	<b>3,000089(0,012060)</b>	1,812691	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 7

*Fitness skóre – Kruskal-Wallisův test*

<b>Fitness skóre (body)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; Fitness skóre Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=708) = 19,62562$ $p = ,0002$		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:362,47	R:371,37	R:288,36
<b>1</b>		0,51215	<b>3,394720(0,004122)</b>
<b>2</b>	0,51215		1,812691
<b>3</b>	<b>3,394720(0,004122)</b>	1,812691	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 8

*BMR – Kruskal-Wallisův test*

<b>BMR (kcal)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; Fitness skóre Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: H ( 3, N= 708) =19,62562 p =,0002		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:378,64	R:395,15	R:371,65
<b>1</b>		0,893234	0,323218
<b>2</b>	0,893234		1,118277
<b>3</b>	0,323218	1,118277	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 9

*BMI – Kruskal-Wallisův test*

<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; BMI Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: H ( 3, N= 763) =31,61260 p =,0000		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:349,37	R:381,67	R:450,54
<b>1</b>		1,747726	<b>4,676269(0,000018)</b>
<b>2</b>	1,747726		<b>3,276284(0,006311)</b>
<b>3</b>	<b>4,676269(0,000018)</b>	<b>3,276284(0,006311)</b>	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 10

*TBW – Kruskal-Wallisův test*

<b>TBW (l)</b>	I4=F Vícenásobné porovnání z' hodnot;TBW Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: H ( 3, N= 698) =20,47521 p =,0001		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:372,84	R:362,33	R:281,59
<b>1</b>		0,60892	<b>4,245380(0,000131)</b>
<b>2</b>	0,60892		<b>3,796806(0,000879)</b>
<b>3</b>	<b>4,245380(0,000131)</b>	<b>3,796806(0,000879)</b>	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 11

*ECW – Kruskal-Wallisův test*

<b>ECW (I)</b>	I4=F Vícenásobné porovnání z' hodnot; Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: H ( 3, N= 698) =9,541804 p =,0229		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:358,37	R:364,80	R:308,78
<b>1</b>		0,372806	2,63434
<b>2</b>	0,372806		2,63434
<b>3</b>	2,306666	2,63434	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 12

*ICW – Kruskal-Wallisův test*

<b>ICW (I)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; ICW Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: H ( 3, N= 763) =4,032897 p =,2579		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:385,36	R:394,68	R:360,69
<b>1</b>		1,140304	1,140304
<b>2</b>	0,504115		1,617097
<b>3</b>	1,140304	1,617097	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 13

*Edema 2 – Kruskal-Wallisův test*

<b>Edema 2</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; index Edema 2 Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: H ( 3, N= 763) =211,3510 p =0,000		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:266,56	R:390,07	R:568,46
<b>1</b>		<b>6,681319(0,000000)</b>	<b>13,95415(0,00)</b>
<b>2</b>	<b>6,68132(0,000000)</b>		<b>8,48719(0,00)</b>
<b>3</b>	<b>13,95415(0,000000)</b>	<b>8,487190(0,000000)</b>	

*Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.*

## Příloha 14

## FFM – Kruskal-Wallisův test

<b>FFM (kg)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; FFM Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=763) = 3,569443$ $p = ,3119$		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:378,66	R:395,17	R:371,64
<b>1</b>		0,893161	0,324722
<b>2</b>	0,893161		1,11976
<b>3</b>	0,324722	1,11976	

Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.

## Příloha 15

## SMM – Kruskal-Wallisův test

<b>SMM (kg)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; SMM Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=763) = 4,068874$ $p = ,2541$		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:385,37	R:394,70	R:360,71
<b>1</b>		0,504906	1,139748
<b>2</b>	0,504906		1,61722
<b>3</b>	1,139748	1,61722	

Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.

## Příloha 16

## %BF – Kruskal-Wallisův test

<b>%BF (%)</b>	Vš. skupiny Vícenásobné porovnání z' hodnot; %BF ( Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=763) = 16,15815$ $p = ,0011$		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:365,86	R:373,79	R:434,23
<b>1</b>		0,428841	<b>3,159896(0,009470)</b>
<b>2</b>	0,428841		<b>2,875385(0,024212)</b>
<b>3</b>	<b>3,159896(0,009470)</b>	<b>2,875385(0,024212)</b>	

Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.

Příloha 17

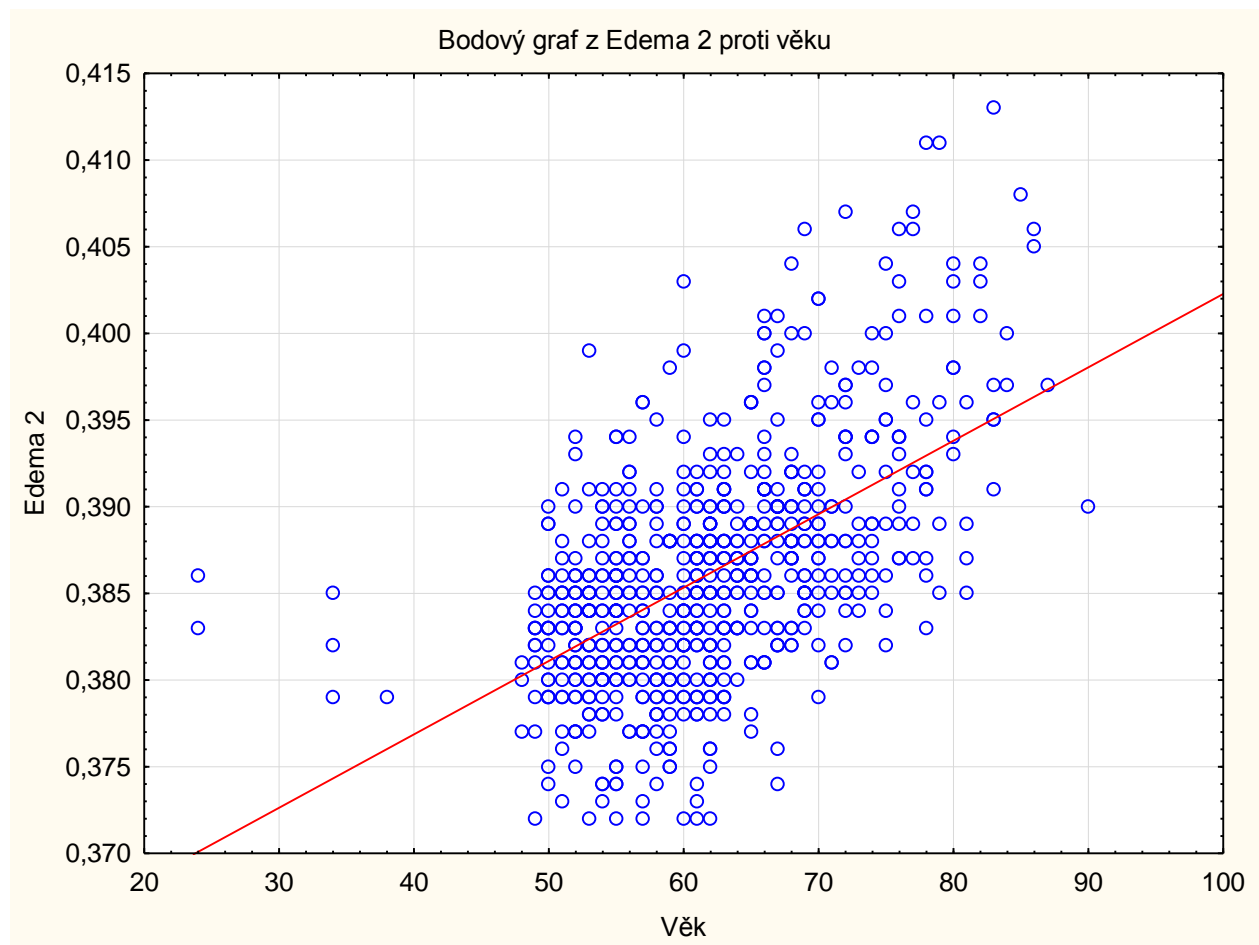
VFA – Kruskal-Wallisův test

<b>VFA (cm<sup>2</sup>)</b>	I4=F Vícenásobné porovnání z' hodnot; VFA Nezávislá (grupovací) proměnná : věková skupina Kruskal-Wallisův test: H ( 3, N= 698) =60,08258 p =,0000		
<b>Věková skupina</b>	1	2	3
	R:300,88	R:356,95	R:452,39
<b>1</b>		<b>3,246988(0,006998)</b>	<b>7,048466(0,000000)</b>
<b>2</b>	<b>3,246988(0,006998)</b>		<b>4,487961(0,000043)</b>
<b>3</b>	<b>7,048466(0,000000)</b>	<b>4,487961(0,000043)</b>	

Poznámka. Hladina významnosti testového kritéria je uvedena v závorkách.

Příloha 18

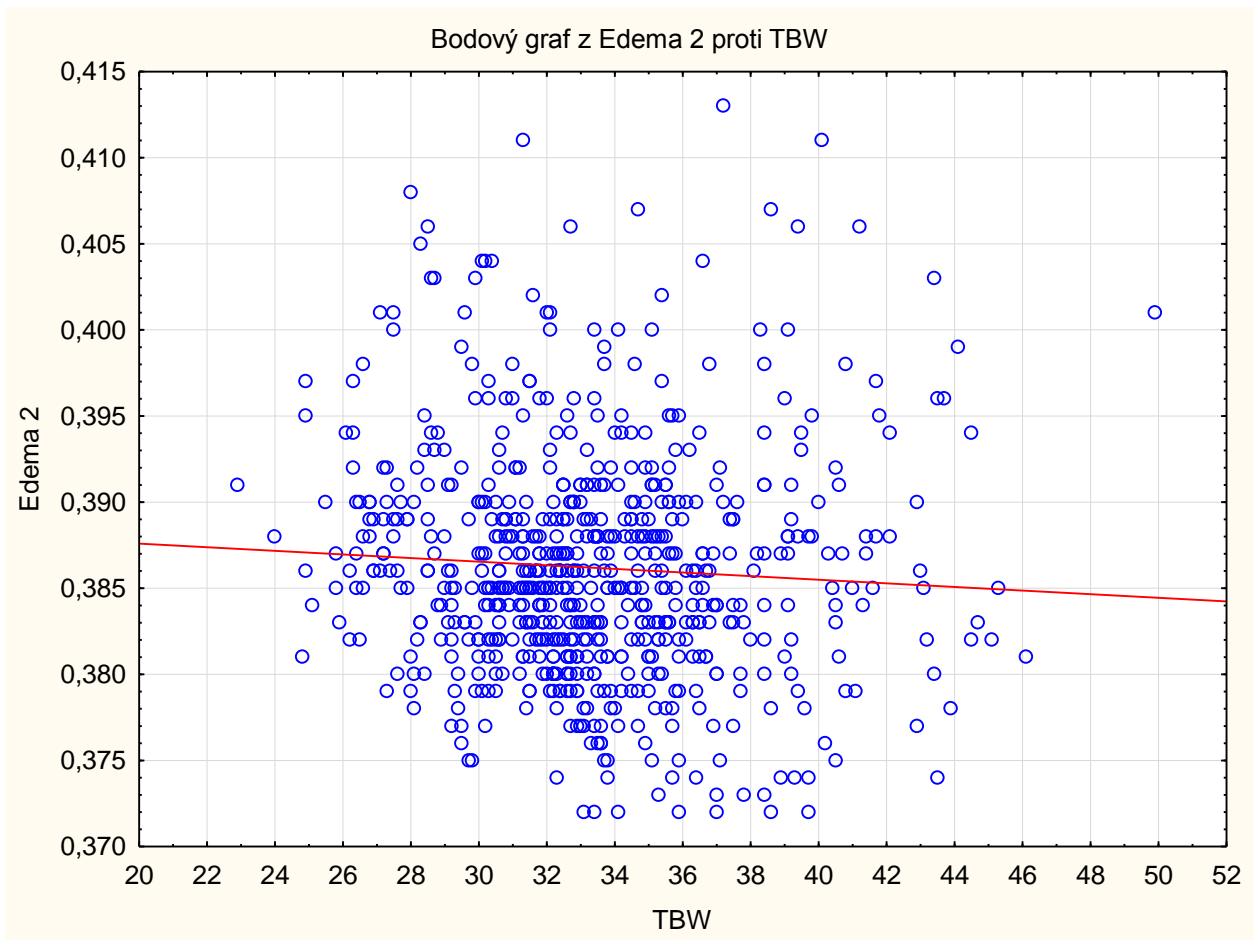
Regresní závislosti parametrů Edema 2 a věku





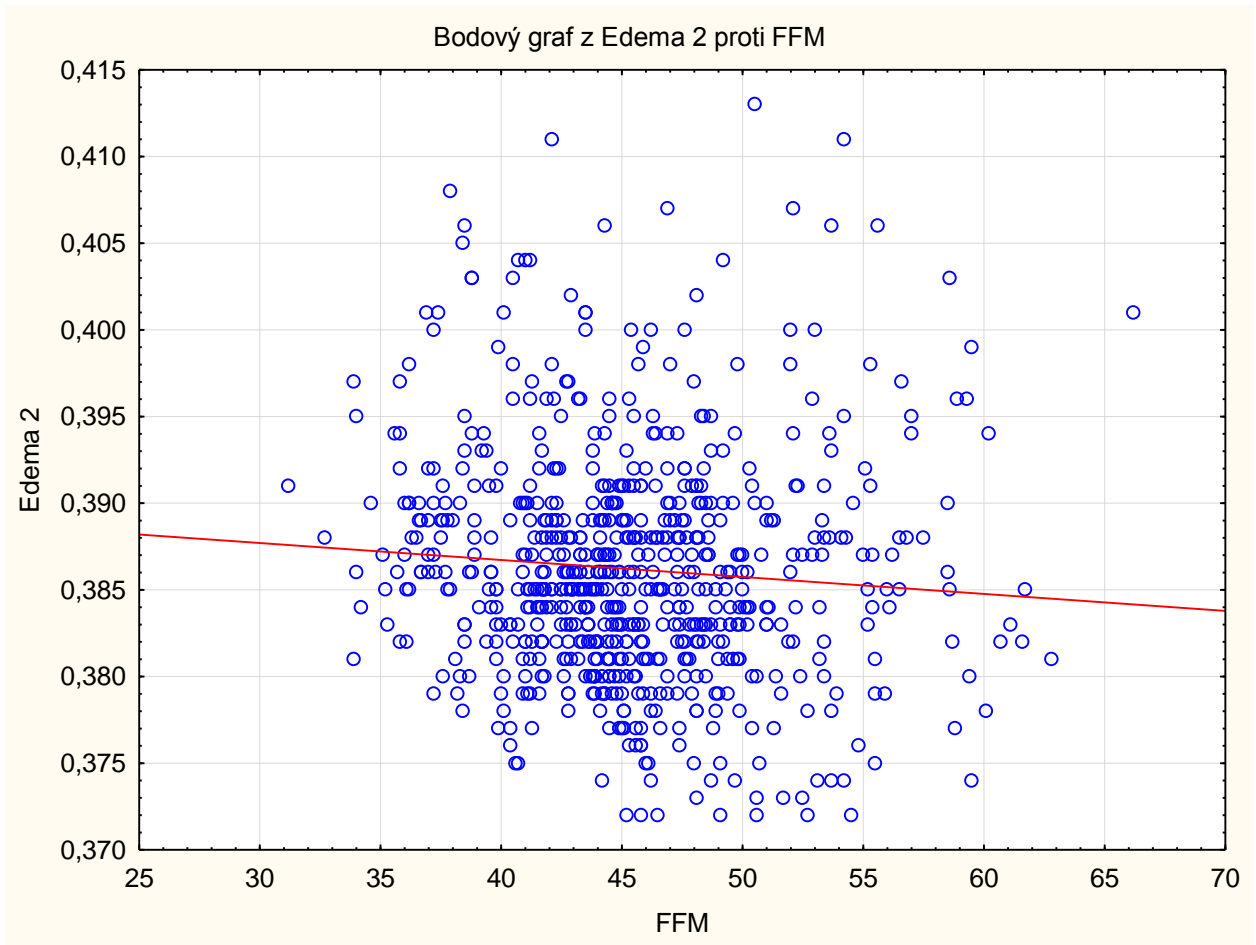
Příloha 19

Regresní závislosti parametrů Edema 2 a TBW



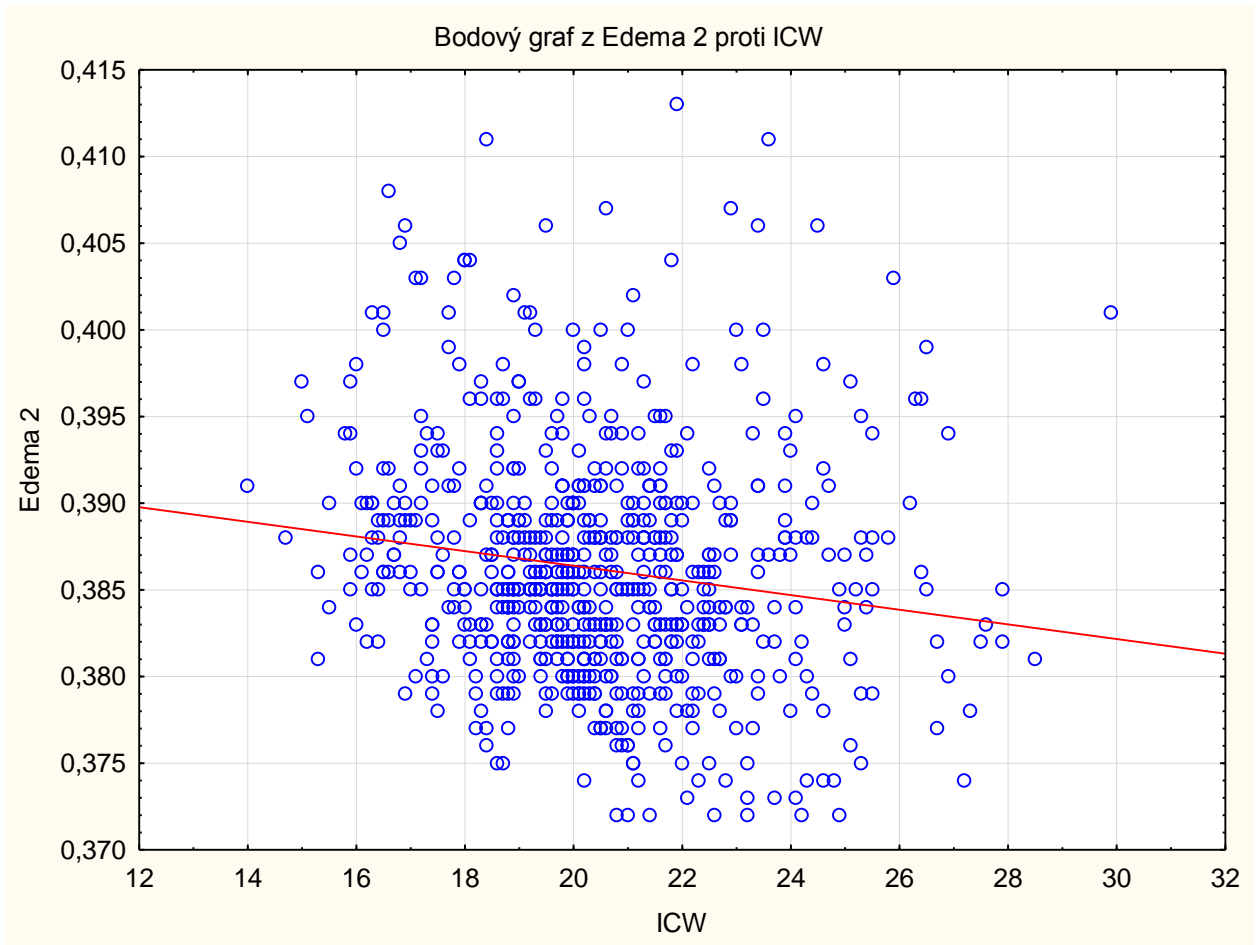
Příloha 20

*Regresní závislosti parametrů Edema 2 a FFM*



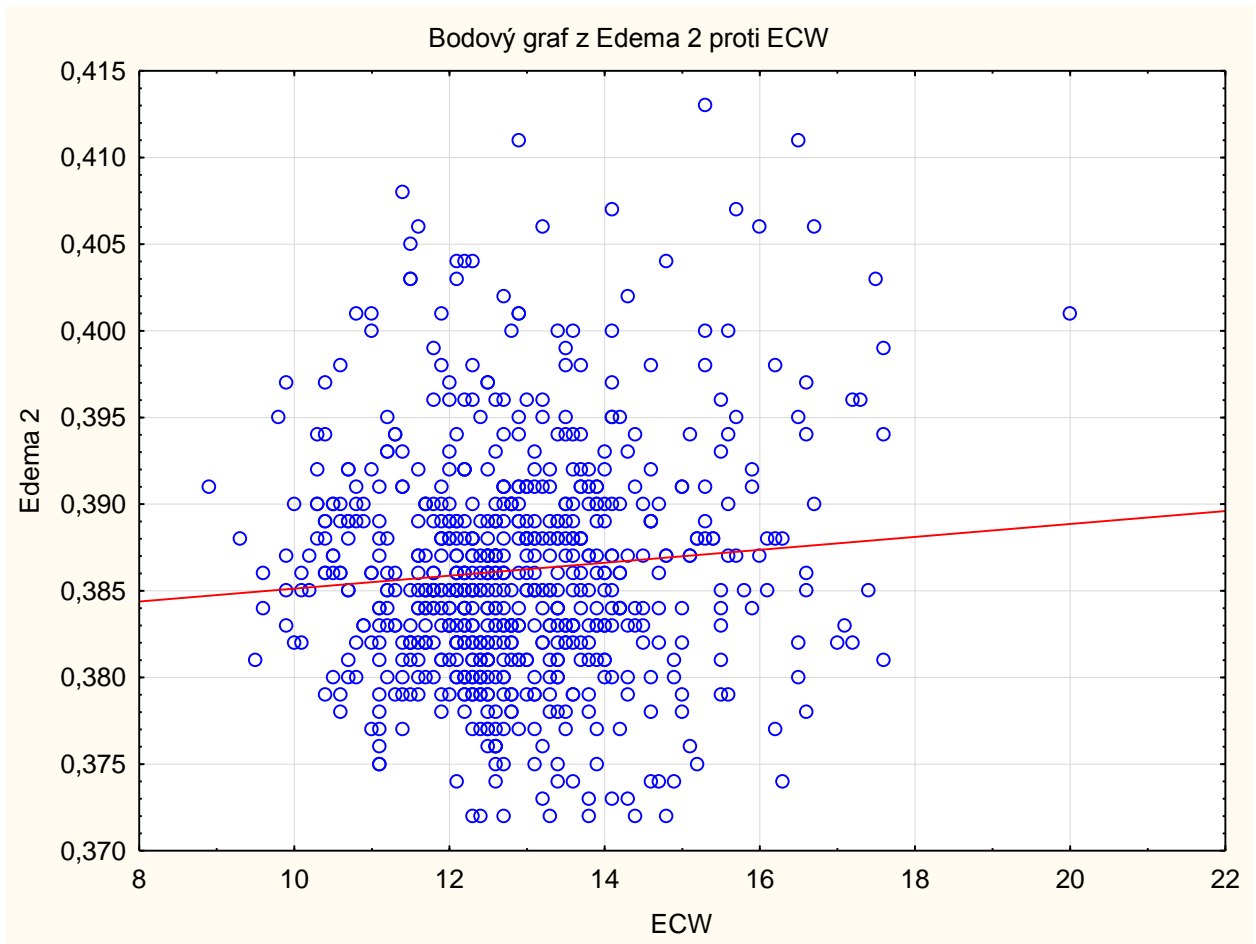
Příloha 21

Regresní závislosti parametrů Edema 2 a ICW



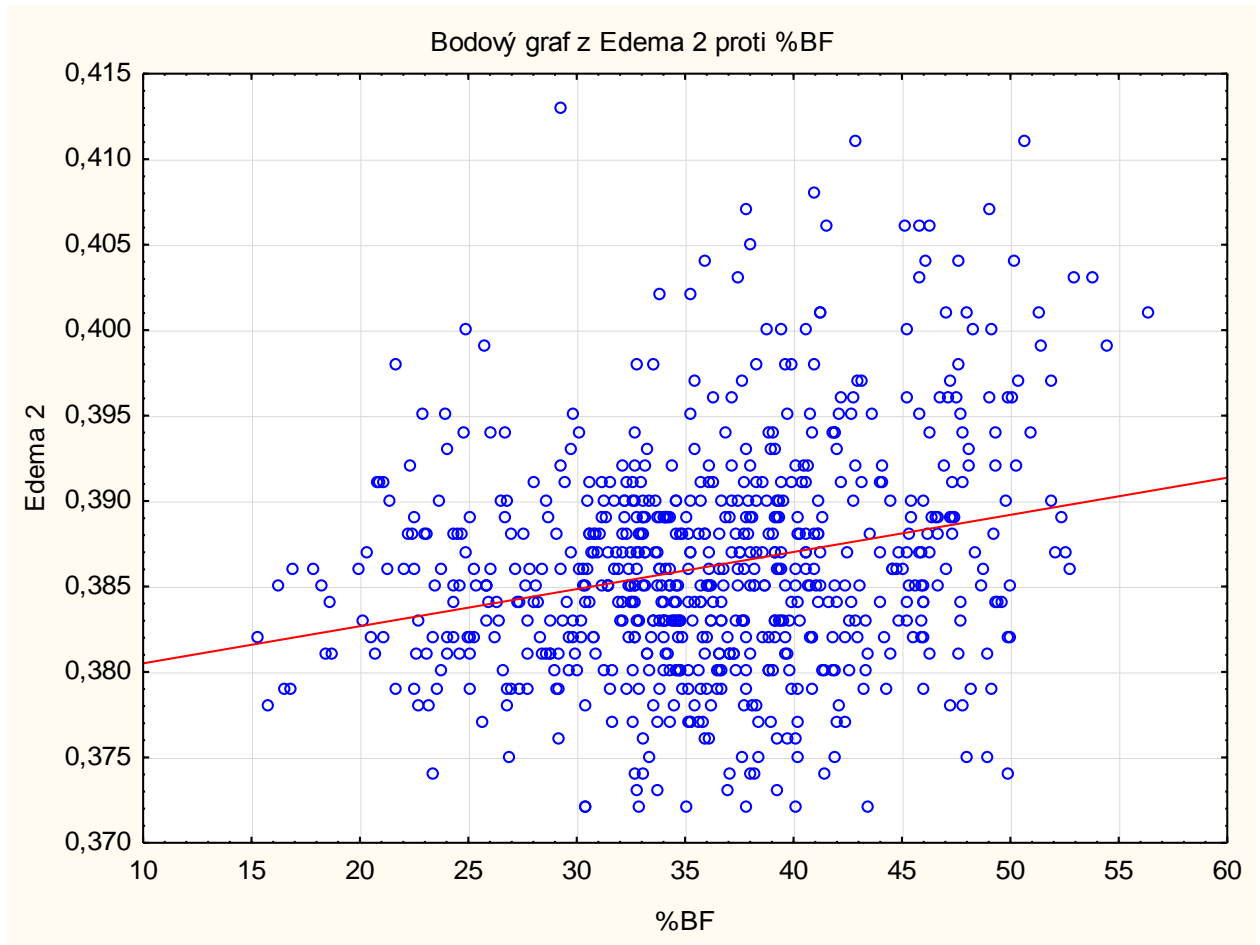
Příloha 22

Regresní závislosti parametrů Edema 2 a ECW



Příloha 23

Regresní závislosti parametrů Edema 2 a %BF



## Příloha 24

## Porovnání vybraných parametrů tělesného složení dle kategorizace indexu Edema 2

Parametr	I4=F Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) Dle proměn. Edema_group Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$								
	Sčet poř. skup. 1	Sčet poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. skup. 1	N platn. skup. 2
<b>VFA (cm<sup>2</sup>)</b>	178164,5	65786,5	24429,5	<b>-7,1708</b>	<b>0</b>	<b>-7,1708</b>	<b>0</b>	554	144
<b>BFM (kg)</b>	182131	61820	28396	<b>-5,3308</b>	<b>0</b>	<b>-5,3309</b>	<b>0</b>	554	144
<b>%BF (%)</b>	179806	64145	26071	<b>-6,4094</b>	<b>0</b>	<b>-6,4094</b>	<b>0</b>	554	144
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	183921,5	60029,5	30186,5	<b>-4,5002</b>	<b>0,000007</b>	<b>-4,5002</b>	<b>0,000007</b>	554	144
<b>ICW (l)</b>	197455	46496	36056	1,7774	0,075504	1,77761	0,075469	554	144
<b>ECW (l)</b>	188119	55832	34384	<b>-2,553</b>	<b>0,01068</b>	<b>-2,5538</b>	<b>0,010657</b>	554	144
<b>TBW (l)</b>	193921	50030	39590	0,13801	0,890235	0,13801	0,890229	554	144
<b>FFM (kg)</b>	194502,5	49448,5	39008,5	0,40776	0,68345	0,40777	0,68344	554	144