

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

ZDRAVOTNÍ UKAZATELE TĚLESNÉHO SLOŽENÍ  
U ČESKÝCH A POLSKÝCH SENIOREK

Diplomová práce  
(magisterská)

Autor: Bc. Daniel Folta  
učitelství tělesné výchovy pro 2. st. ZŠ a SŠ –  
učitelství přírodopisu a environmentální výchovy pro 2. st. ZŠ  
Vedoucí práce: doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

Olomouc 2021

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Daniel Folta

**Název diplomové práce:** Zdravotní ukazatele tělesného složení u českých a polských seniorek

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

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

**Rok obhajoby:** 2021

**Abstrakt:** Tato diplomová práce pojednává o determinaci změn v tělesném složení (TS) v závislosti na věku a odlišnosti etnika. Soubor byl tvořen 1264 ženami českého a polského etnika, jež byly dále rozděleny na věkové kategorie 60letých, 70letých a 80letých. Stanovení tělesného složení a jeho zdravotních ukazatelů a indexů probíhalo pomocí multifrekvenčního analyzátoru InBody 720. Prostřednictvím programu STATISTICA vs. 12 byly stanoveny rozdíly u sledovaných proměnných, především s ohledem na zdravotní ukazatele TS. Námi získané výsledky byly porovnány i ve vztahu s dalšími studiemi. Mezi porovnávanými parametry byly věk, tělesná hmotnost, tělesná výška, množství minerálů a proteinů, celková tělesná voda a její dílčí kompartmenty, absolutní a relativní hodnoty tělesného tuku a svalů, tukuprostá a buněčná hmota. Vzájemné porovnání parametrů bylo vztaženo k hladině statistické významnosti  $p < 0,05$ . Se zvyšujícím se věkem se snižovaly hodnoty zdravotních ukazatelů TS, s výjimkou relativního množství tuku. Mezi českým a polským etnikem byly zjištěny rozdíly v zastoupení svalové, tukuprosté i relativní tukové hmoty, dále také u množství buněčné hmoty, množství tělesné vody, proteinů a minerálů, ve prospěch české populace.

**Klíčová slova:** stárnutí, InBody 720, bioelektrická impedance, kosterní svalová hmota, sarkopenie, Body Fat Mass Index, Fat-free Mass Index, Body Cell Mass Index, Appendicular Skeletal Muscle Mass Index

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Daniel Folta

**Title of the master thesis:** Health indicators of body composition among Czech and Polish elderly women

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology

**Supervisor:** doc. RNDr. Miroslava Přidalová, PhD.

**The year of presentation:** 2021

**Abstract:** The diploma thesis deals with the determination of changes in body composition depending on age and ethnic differences. The group consisted of 1264 women of Czech and Polish ethnicity, who were further divided into age categories of 60-year-olds, 70-year-olds and 80-year-olds. Determination of body composition and its health indicators and indexes were obtained by a multi-frequency analyzer InBody 720. Through the STATISTICA vs. 12 program, differences were determined for the monitored variables, especially with regard to health indicators of body composition. Our results were then compared and interpreted in relation to other studies. Among the compared parameters were age, body weight, body height, amount of minerals and proteins, total body water and its partial compartments, absolute and relative values of body fat and muscles, fat-free and cell mass. The mutual comparison of parameters was related to the level of statistical significance  $p < 0.05$ . With increasing age, the values of health indicators decreased, with the exception of the relative amount of fat. Differences in the representation of muscle, fat-free and relative fat mass were found between the Czech and Polish ethnic groups, as well as in the amount of cell mass, the amount of body water, proteins and minerals in behalf of Czech women.

**Keywords:** ageing, InBody 720, bioelectrical impedance, skeletal muscle mass, sarcopenia, Body Fat Mass Index, Fat-free Mass Index, Body Cell Mass Index, Appendicular Skeletal Muscle Mass Index

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

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

V Olomouci dne

.....

Děkuji doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, PhD. za pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Zároveň chci poděkovat RNDr. Milanu Elfmarkovi za ochotu a pomoc při statistickém zpracování dat. Děkuji také rodině a přítelkyni za podporu po celou dobu studia.

## Obsah

1	Úvod.....	8
2	Přehled poznatků.....	9
2.1	Proces stárnutí.....	9
2.1.1	Teorie stárnutí .....	11
2.1.2	Periodizace stáří.....	12
2.2	Tělesné složení.....	14
2.2.1	Modely tělesného složení.....	17
2.2.2	Metody odhadu tělesného složení.....	18
2.2.2.1	Bioelektrická impedance (BIA – Bioelectrical Impedance Analysis) ..	19
2.2.3	Parametry tělesného složení.....	27
2.3	Involuční změny .....	36
2.3.1	Sarkopenie .....	37
2.3.2	Sarkopenická obezita .....	41
2.4	Mikrobiom .....	43
2.5	Zdravé stárnutí .....	45
3	Cíl práce.....	48
4	Metodika .....	49
4.1	Výzkumný soubor.....	49
4.2	Metody sběru dat – měření .....	49
4.3	Organizace sběru a zpracování dat .....	52
4.4	Sledované parametry.....	52
4.5	Diagnostická kritéria a výpočty .....	53
5	Výsledky .....	55
6	Diskuse.....	61
7	Závěry .....	66
8	Souhrn.....	67

9	Summary .....	69
10	Referenční seznam .....	71
11	Přílohy .....	93

## 1 Úvod

Lidská populace na Zemi stárne, přičemž se stále zvyšuje střední délka života. V roce 2030 Světová zdravotnická organizace předpokládá počet osob starších 60 let zhruba 1,4 miliardy, v roce 2050 pak až 2,1 miliardy (WHO, 2021a). V roce 2019 pak tyto osoby čítaly 1 miliardu (United Nations, 2019). V tomto celosvětovém trendu explozivního nárůstu obyvatelstva, zejména pak v rozvojových zemích, představuje stárnutí globální výzvu k udržení autonomní, vitální, aktivní a zdravé populace. K těmto atributům zdravého a úspěšného stárnutí se pojí kromě genetického podmínění zejména kvalita psychické, sociální a tělesné úrovně člověka (WHO, 2018). Na jejím udržení se ve zkratce podílí dominantně životní styl (Bosnes et al., 2019).

Tím, jak lidský organismus stárne, se mění jeho vnitřní stavba a vnější podoba. Tělesná zdatnost a kvalita fyzické stránky, stejně jako tělesné složení, představuje jednu z hlavních proměnných, která zajišťuje odolnost a optimální odpověď organismu vůči změnám spojeným se stárnutím (Kyle et al., 2001). Tyto projevy lze pozorovat zejména v jednotlivých komponentách tělesného složení, které jsou ovlivňovány mnoha faktory, hlavně pak pohybovou aktivitou nebo stravovacími návyky, a které mohou být prediktorem různých patologických jevů (Riegerová et al., 2006). Nejčastěji se přistupuje k pozorování změn tukové a tukuprosté hmoty. Hlavním sledovaným parametrem je zde zejména svalová hmota, jejíž snížené množství je spojeno s vyšším rizikem úmrtí (Graf et al., 2016). Množství svalové hmoty pak můžeme považovat za jeden z hlavních parametrů, kterým můžeme dokládat schopnost jedince vést soběstačný život. Naopak snížené množství nebo kvalita svalové tkáně představuje jev, který nazýváme sarkopenie, jež může vést ke vzniku tělesných disabilit a komplikací (Janssen et al., 2002).

Dosavadní výzkumy se liší v definicích a přístupech v hodnocení kritérií sarkopenie (Cruz-Jentoft et al., 2019; Donini et al., 2020), proto se v této diplomové práci pokusíme o predikci nejen sarkopenie, ale také i o komparaci vybraných zdravotních ukazatelů vybraného souboru ve spojitosti s podobným etnikem napříč věkovými kategoriemi.



## 2 Přehled poznatků

### 2.1 Proces stárnutí

*„Vzdělání je nejlepší cestovné pro stáří.“*

*Aristoteles*

Stárnutí je nepřetržitý proces, který provází jak život jedince, tak i zbytek veškeré živé organické hmoty. Z teoretického hlediska se o samotném počátku stárnutí můžeme bavit již od splynutí dvou pohlavních buněk (gamet) v zygotu až po ukončení životně důležitých funkcí – smrt. Z hlediska biologického však dochází k výrazným regresivním změnám až v období, ve kterém člověk začíná pociťovat známky změn tělesného a kognitivního charakteru.

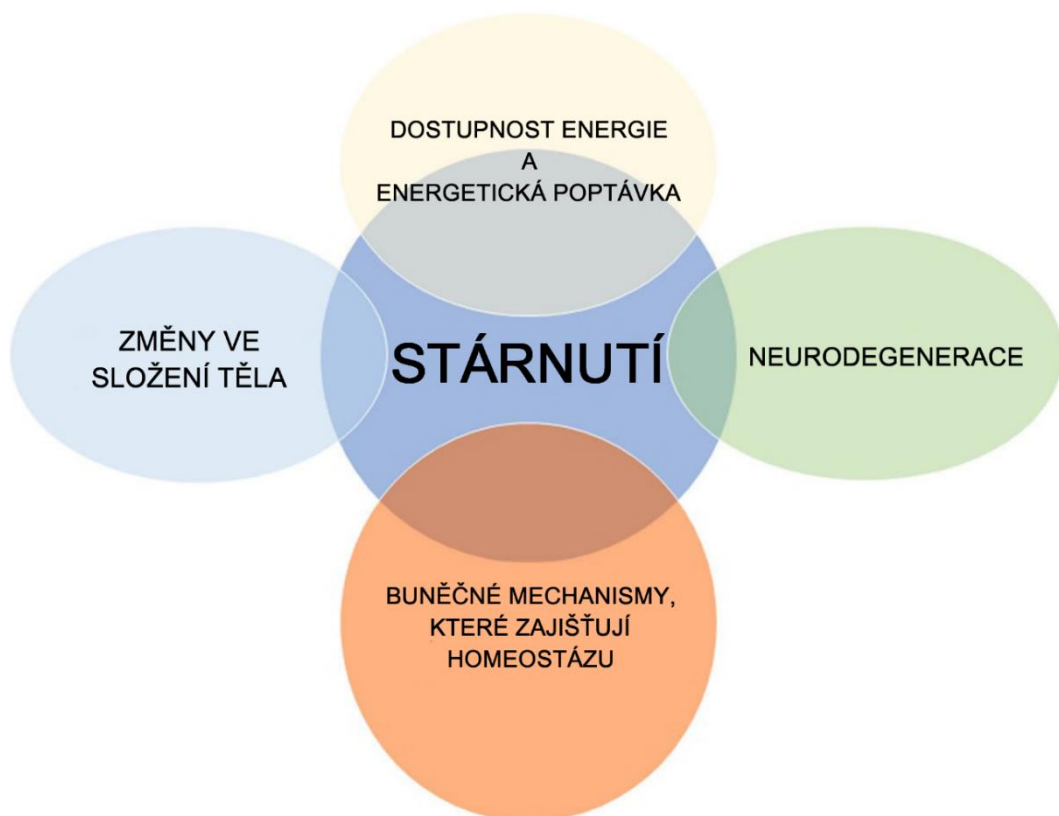
Průběh života je zajišťován různými biologickými ději a jevy, které v životě jedince mohou odrážet vývojová stadia. Jednotlivé stadium se pak vyznačuje určitými funkčními a strukturálními znaky spolu se změnami ve vztahu organismu s přírodním nebo sociálním prostředím.

Periodizací jednotlivých kategorií a věků lidského života se věnuje mnoho vědeckých disciplín, mezi něž patří např. antropologie či vývojová psychologie, která blíže specifikuje jednotlivá období ontogeneze spíše z hlediska psychosociálního vývoje. Pro účely diplomové práce budeme nicméně vycházet z periodizace jednotlivých vývojových stádií na biologické úrovni (Kalvach et al., 2004; Riegerová et al., 2006). Soubor specifických změn a zákonitostí je podkladem pro dané stadium, mezi něž řadíme např. období nitroděložní, kojenecké, dětské, dospělosti a stáří. Stáří pak představuje poslední ontogenetickou vývojovou etapu. Odvíjí se a souvisí se všemi předcházejícími fázemi, přičemž každá do období stáří vtiskla svou pečeť, která v něm zanechala stopy. Současně pak všechna vývojová období, včetně stáří, mají svá specifika, která se navzájem od sebe odlišují. Tyto skutečnosti jsou rozhodujícím faktorem k pochopení procesu stárnutí jak v teorii, tak v praxi (Pacovský, 1990).

Stárnutí lze definovat dle Prerosta (2019) jako řadu časově závislých anatomických, fyziologických a psychologických změn, které snižují fyziologickou rezervu a funkční kapacitu a vytvářejí emoční změny. Některé tyto změny však mohou signalizovat pozitivní procesy označované jako zrání. Další definici stárnutí lze chápat jako složitý proces, který vede ke změnám ve všech systémech těla a ve všech funkcích organismu

člověka, nicméně stárnutí se u různých lidí vyvíjí odlišnou rychlostí, přičemž chronologický věk vždy nemusí odpovídat věku biologickému (Colloca et al., 2020).

Stáří je tedy přirozenou poslední etapou ontogenetického vývoje se svými biologicky specifickými znaky, které se udály během procesu transformace. Tyto změny jsou geneticky nakódovány a jsou řízeny specifickým časovým zákonem, při fyziologickém stárnutí mají převážně regresivní charakter, neopakují se a jsou nevratné (Pacovský, 1990). Souhrnně lze pak stárnutí charakterizovat jako univerzální, nevratný, druhově specifický biologický proces, který je vyznačován plynulým a postupným snižováním funkčních rezerv, vitality, schopnosti udržovat homeostázu a schopnosti adaptace organismu (Obrázek 1). Patrně ve všech orgánových soustavách a systémech se vedle fyziologického stárnutí projevuje i stárnutí patologické, které je spojeno s řadou výskytů různých chorob spojených s vyšším věkem (Kittnar & Marešová, 2020). Otázkám stárnutí a stáří se věnuje vědní obor gerontologie.



Obrázek 1. Systémové příčiny a následky stárnutí (upraveno dle Colloca et al., 2020)

### 2.1.1 Teorie stárnutí

Vzhledem k vývoji dokonalejších metod výzkumných věd se stále přichází na nové objevy a skutečnosti v oblastech teorie stárnutí, které se snaží odpovědět na otázky příčin vzniku těchto nevratných změn. V průběhu uplynulých let se vědci snažili pochopit principy a představit hlavní teze, které by mohly kvalitně popsat a kategorizovat jednotlivé teorie. Řada hypotéz považuje stárnutí za programované, tj. spolu s narůstajícím věkem dochází k již dříve definovaným a uloženým vzorcům, které se projevují stárnutím organismu (molekulární zesíťování, zkracování telomer, teorie buněčného stárnutí apod.), na druhé straně zde dochází k možným změnám, které mohou nastat kdykoliv. Tyto teorie pak můžeme nazvat jako „neprogramované“, resp. teorie pomocí různých nahodilých poškození (oxidativní stres a volné radikály, náhlé změny v imunologických funkcích, hromadění mutací), a to zejména na úrovni DNA (Obrázek 2).

Vzorec stárnutí je u lidí velmi heterogenní a lze jej popsat jako složitou mozaiku vzniklou interakcí různých environmentálních, stochastických a geneticko-epigenetických proměnných. I proto musí být každý člověk považován za unikát, v jehož důsledku je definice „fenotypu stárnutí“ z tohoto pohledu relativně obtížná (Cevenini et al., 2008). Na tomto fenotypu stárnutí, obrazně řečeno také dojmů starého člověka, mají vliv ale různé faktory, mezi které se řadí genetické dispozice, zákonitosti biologické involuce, vlastnosti úrazů a adaptace na ně, spolu s více ovlivnitelnými faktory, jako jsou životní způsob spojený zejména se stravováním a pohybovou aktivitou, psychickými faktory nebo nároky a vlivy vnějšího prostředí (Čeledová et al., 2016).

Existuje však mnoho rozšířených teorií, proč ke stárnutí dochází. Někteří jej považují za programovaný vývoj (Tower, 2015), jiní zase nesouhlasí a nechávají debatu o naprogramovanosti stárnutí otevřenou (Blagosklonny, 2013; Goldsmith, 2014). V roce 1990 se Medvedev pokusil racionálně klasifikovat četné teorie stárnutí, jejichž počet přesáhl 300 (Medvedev, 1990). Stárnutí může být přisuzováno tzv. molekulárním „zesíťováním“ (vazba, která spojuje dvě nebo více molekul dohromady) (Bjorksten, 1968), dále pak poškozením vyvolanými volnými radikály (Harman, 1993), změnám v imunologických funkcích (Effros, 2005), velmi významné teorii o zkracování telomer chromozomu (Kruk et al., 1995), teorii buněčného stárnutí (Toh et al., 2016), hromadění mutací (Milholland et al., 2017), antagonistické pleiotropii, kdy je jeden gen zodpovědný za více fenotypových projevů (Austad & Hoffman, 2018) nebo poruchám proteostázy

(Kaushik & Cuervo, 2015). Pacovský (1990) pak za teorie stárnutí považuje teorii genetického programu, teorii metabolických omylů, teorii stárnutí makromolekul, imunologickou teorii a teorii o působení vnějších vlivů, tzv. ekologickou teorii. Z pohledu fyziologické podstaty stárnutí představují Kittnar a Marešová (2020) teorii modifikací genetické informace v DNA, t. opotřebení tkání, t. volných radikálů, t. nahromadění škodlivých substancí a teorii postupné redukce endokrinních a imunitních funkcí. Bylo by naivní si myslet, že za proces stárnutí zodpovídá jen jedna teorie či hypotéza, proto je třeba nahlížet na tento jev systematicky a chápat jej jako ucelený systém spletené sítě, ve které může každá hypotéza uplatňovat svou roli.



Obrázek 2. Kategorizace hlavních teorií stárnutí (upraveno dle da Costa et al., 2016)

### 2.1.2 Periodizace stáří

Z hlediska problematiky diplomové práce považujeme za vhodné zmínit alespoň kategorizaci období dospělosti a stáří z různých autorských pohledů. Stáří lze definovat dle WHO (2018) jako stav, který je výsledkem součtu široké škály molekulárních a buněčných poškození v průběhu času, jež vedou k postupnému snižování fyzické a duševní kapacity, rostoucím rizikům onemocnění a nakonec smrti. Ke klasifikaci dospělosti a stáří se však staví různí autoři odlišně. První rozdělení, na základě WHO (2011), které je mezinárodně uznávané, vypadá následovně:

- období plné dospělosti (18-30 let)
- období mladého věku (30-45 let)
- období středního věku (45-60 let)
- období stárnutí (60-75 let)
- období starého věku (75-90 let)
- kmetské období (nad 90 let) (Kittnar & Marešová, 2020).

Pro zajímavost uvádíme další dělení období stáří, avšak stále v periodě patnácti let, dle Vobra (2013):

- mladší dospělost (20-30 let)
- střední dospělost (30-45 let)
- starší dospělost (45-60 let)
- počáteční stáří (60-75 let)
- pokročilé stáří (75-90 let)
- krajní stáří (nad 90 let).

Období stáří může být dále členěno jako:

- 65-74 let: mladí senioři
- 75-84 let: staří senioři
- 85 a více let: velmi staří senioři (Kalvach & Mikeš, 2004),

nebo také na etapy:

- 60 až 74 let: počínající stáří
- 75 až 89 let: vlastní stáří
- 90 let a více: dlouhověkost (Holmerová et al., 2007).

V neposlední řadě se může období ontogenetického vývoje dělit takto:

- plná dospělost (*Adultus*) – 18 až 30 let
- zralost (*Maturus I*) – do 45 let
- střední věk (*Maturus II*) – do 60 let
- stárnutí (*Presenilis*) – do 75 let
- stáří (*Senilis*) – do 90 let
- kmetský věk – nad 90 let (Riegerová et al., 2006).

Výše uvedené kategorizace jsou však odvíjeny od kalendářního (chronologického) věku, který se vztahuje k datu narození jedince. Chronologický věk se zkrátka rovná počtu let života. Na opačné straně se rozlišuje tzv. věk biologický, který se definuje funkčními charakteristikami organismu, involučními změnami, které probíhají v organismu, podle kterých posuzujeme, jak jedinec mladě či staře vypadá, vystupuje anebo jak se cítí (Rollandi et al., 2019). Biologický věk je určen na základě řady především fyziologických nebo somatických faktorů, označovaných mnohdy jako markerů stáří. Mezi jedny z nich lze zařadit markery zachytávající změny struktur chromozomů v průběhu času pomocí metylace DNA, která je spojena s přirozeným průběhem stárnutí (DePolo, 2019; Kresovich et al., 2019), markery délek telomer, receptorů T-buněk, změn na nukleotidech nebo markerů v procesu transkripce (Rollandi et al., 2019). Pro způsoby a metody sledování biologického věku zejména u dětí a mládeže do 18 let se používají kostní věk, růstový věk, zubní věk, vývinový věk, proporciální či psychomotorický věk. Na jejich základě a porovnáním s normou se pak rozlišuje vývojové pásmo – pásmo akcelerace, průměrné pásmo a pásmo retardace (Přidalová, 2013).

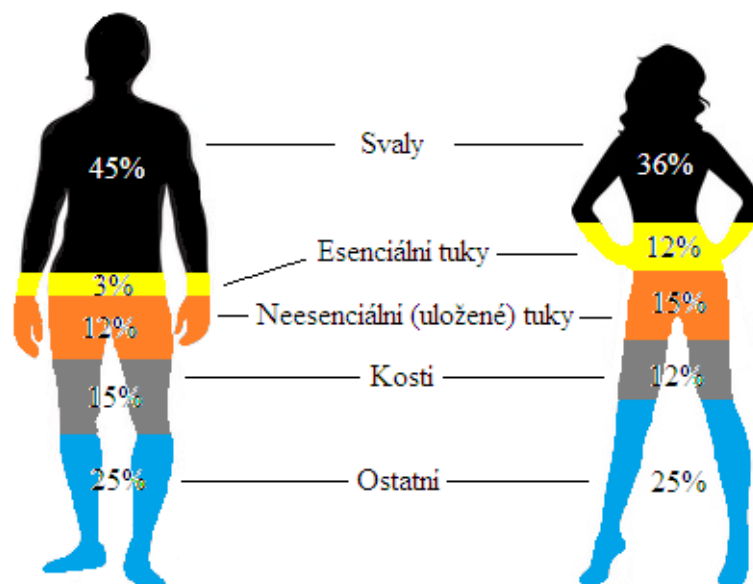
V případě determinace biologického věku u dospělých osob se může vycházet z různých testových baterií sestavených z antropometrických, psychologických, fyzikálních či biochemických veličin. Závisí na parametrech a metodách vyšetření souvisejících s fyziologickým stavem v podobě hodnocení kognitivních funkcí, sluchového aparátu, vitální kapacity plic a změn spojených s dýchacím systémem nebo parametrů spojených s kardiovaskulárním systémem (Jylhävä et al., 2017; Levine et al., 2018).

## **2.2 Tělesné složení**

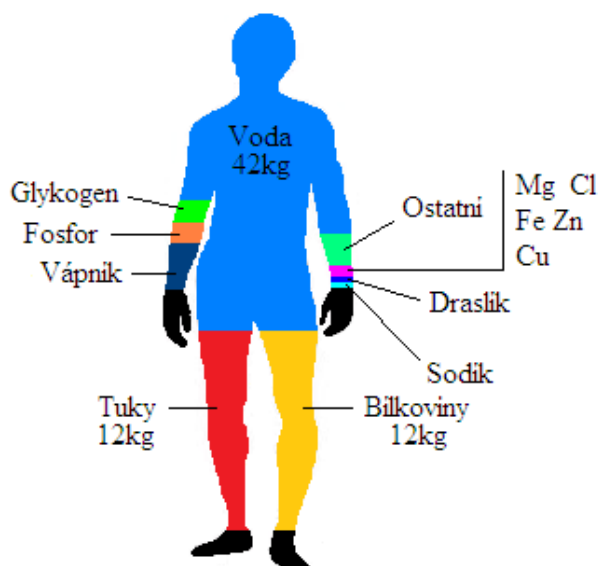
Z hlediska hodnocení morfologického složení těla je primárním parametrem tělesná hmotnost. Ta představuje tělesnou složku, u které lze pozorovat významné rozdíly v průběhu ontogeneze, stárnutí, při výzkumech ve sportu nebo zjišťování odchylek a změn v tělesném složení doprovázející různá onemocnění. Na základě pohybových projevů lze hmotnost členit na hmotu aktivní a pasivní, přičemž tato a další rozdělení dílčích komponent označujeme pojmem frakcionace tělesné hmotnosti. Vliv tělesné zátěže působí ovlivňuje zejména zastoupení tukové a tukuprosté hmoty, případně složky

kosterní. Významnými ukazateli při hodnocení jednotlivých frakcí tělesné hmotnosti jsou také výživa a celkový zdravotní stav, na jejichž základech se stanovuje optimální tělesná hmotnost. Složení těla spolu s růstem pak mohou být klíčovými proměnnými k hodnocení zdraví jednotlivce i populace vzhledem k tomu, že s přibývajícím věkem a vývojem lidského organismu probíhá v jeho strukturách řada změn. Už v dobách Antiky se objevovaly úvahy o hodnocení tělesného složení, o složení jednotlivých komponentů těla nebo jejich vzájemných poměrech. Je potřeba se opět dívat na problematiku složení těla multifaktorálně a systematicky, na něž má vliv genetika, prostředí nebo styl a způsob života včetně výživových faktorů a zdravotního stavu (Riegerová et al., 2006).

Za „otce“ metodiky hodnocení tělesného složení můžeme považovat Jindřicha Matiegku (1921), který vytvořil model frakcionace tělesného složení na základě vnějších antropometrických rozměrů těla. S rozvojem diagnostických metod dochází stále k dokonalejším měřením, díky kterým se objevují nové hypotézy, názory nebo samotné metody výzkumu. Na složení těla se lze dívat z různých úhlů pohledů, např. z anatomického (Obrázek 3) nebo také z chemického (Obrázek 4). Z anatomického hlediska je tělo složeno z tukové tkáně, svalstva, kostí, vnitřních orgánů a ostatních tkání. Z chemického hlediska tělo tvoří tuk, bílkoviny, sacharidy, minerály a voda (Riegerová et al., 2006).

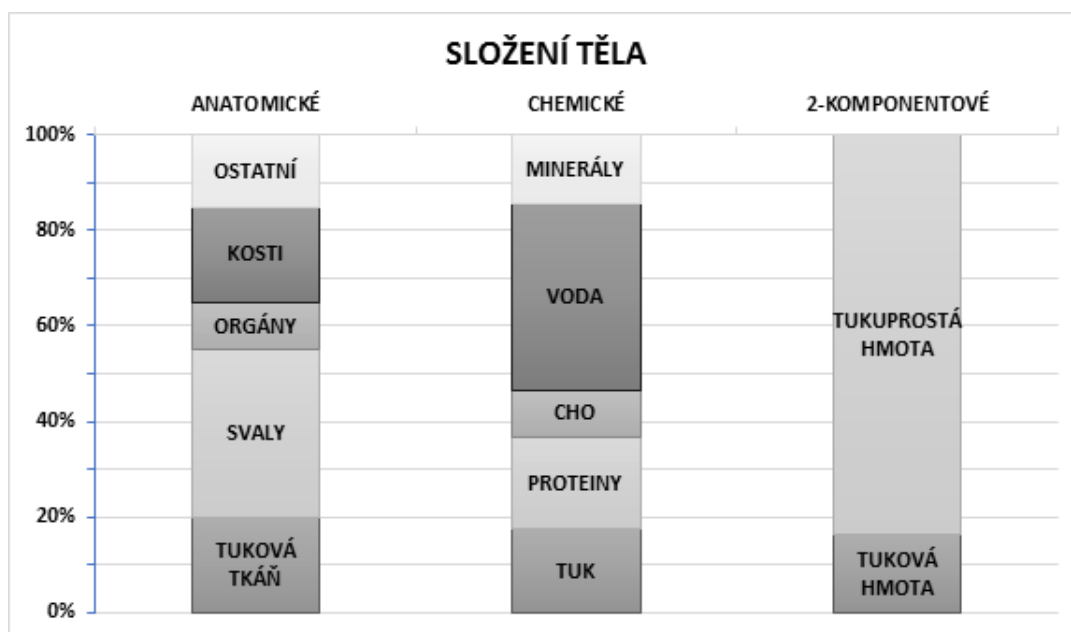


Obrázek 3. Anatomický model složení těla (upraveno dle Bernacikové, 2012)



Obrázek 4. Chemický model složení těla (upraveno dle Bernacikové, 2012)

Tyto dva modely pak lze doplnit modelem tělesného složení na základě odlišnosti mezi hmotou tukovou (Fat mass, FM) a tukuprostou (bez tuku, Fat-free Mass, FFM), jež byl představen jako model dvoukomponentový (Brozek et al., 1963) (Obrázek 5).



Obrázek 5. Anatomický, chemický a dvoukomponentový model složení těla (upraveno dle Wilmora, 1992)

V současnosti se podle možností využívá dvou- (FM a FFM), tří- (tuk, voda a sušina, která zahrnuje minerály a kosti) nebo čtyřkomponentový model, který

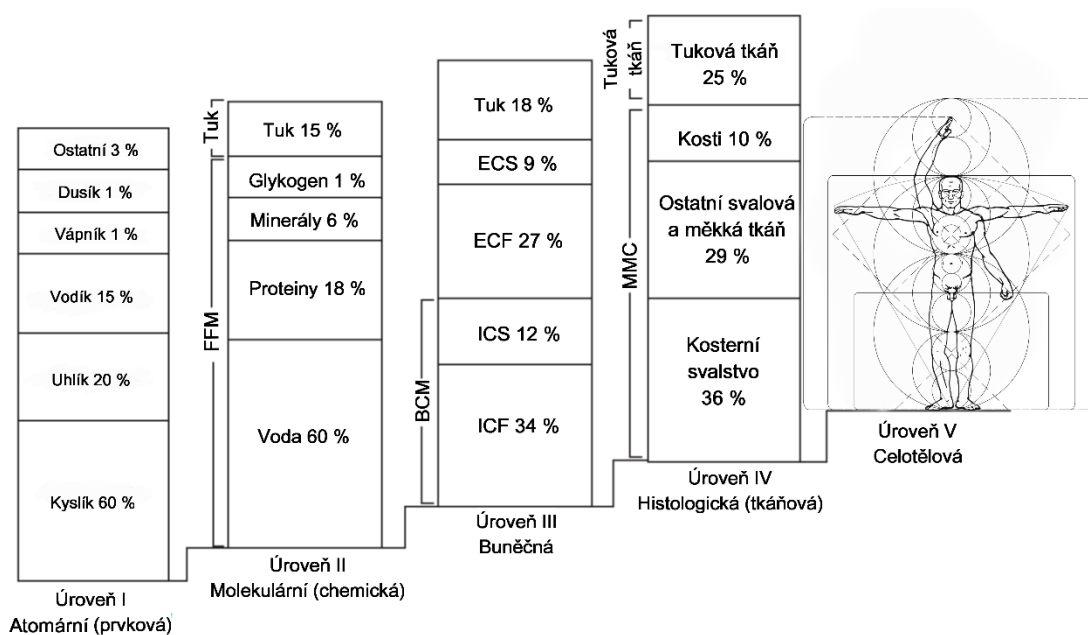


je označován jako zlatý standard, a který zároveň specifikuje hmotnost jako podíl tuku, extracelulární tekutiny, buněk a minerálů. Se zmíněným rozvojem techniky se však můžeme setkat i s modelem pěti- či šestikomponentovým (Wang et al., 1998).

### 2.2.1 Modely tělesného složení

S podrobnějším rozdělením jednotlivých modelů se můžeme seznámit v práci Heymsfielda, Wanga, Baumgartnera a Rosse (1997). Pro naše účely vystačí tyto jen krátce zmínit, podrobněji se budeme zabývat modelem bioelektrické impedance. Mezi první se řadí tzv. atomární model, který je založen na stanovené zastoupení jednotlivých chemických prvků v organismu. Čtyři prvky – O, C, H a N – sčítají více než 95 % tělesné hmotnosti, přičemž optimální zastoupení všech prvků je předpokladem pro zdárný růst a udržení zdraví (Wang, Pierson Jr, & Heymsfield, 1992). Dalším modelem je model molekulární. Ten představuje tělo jako soubor chemických sloučenin rozdělených do pěti skupin: lipidů, vody, proteinů, sacharidů a minerálů.

Riegerová et al. (2006) ve své knize popisuje další, buněčný (celulární) model. Na jeho základě je tělo tvořeno buňkami (buněčná hmota), které jsou obklopeny extracelulární tekutinou a spletitou mezibuněčnou sítí a hmotou, označovány jako extracelulární pevná hmota. V tomto případě je tělesná hmotnost vypočtena součtem extracelulární tekutiny, pojivových, svalových, epitelových a nervových buněk, organických a anorganických látek a v neposlední řadě buněk tukové tkáně. V pomyslném hierarchickém uspořádání tvoří další model tkáně, které jsou definovány jako soubory buněk, jež mají podobnou stavbu a vykonávají stejnou funkci. Hlavními složkami tkáňového systému těla, jehož hmotnost je stanovena součtem následujících, jsou svalová, tuková a kostní tkáň. Posledním článkem představuje model celotělový, který vychází z antropometrických měření. Pomocí těch pak získáváme jednotlivé parametry, jako např. výšku, hmotnost, tloušťku kožních řas, obvodové rozměry, tělesné indexy apod. Klasifikaci jednotlivých modelů znázorňuje Obrázek 6.



Obrázek 6. Pětiúrovňový model tělesného složení člověka (upraveno dle González Jiménez, 2013)

## 2.2.2 Metody odhadu tělesného složení

Empedokles z Akragantu považoval vesmír a vše živé v něm jako směs složenou ze čtyř základních živlů: vody, ohně, země a vzduchu. S trochou nadsázky a filozofováním se to nezdá jako úplně špatný model složení lidského těla. Je třeba pouze přejmenovat tři prvky následovně: oheň jako proteiny, zemi jako minerály a vzduch jako zásoby energie (Beddoe, 1990).

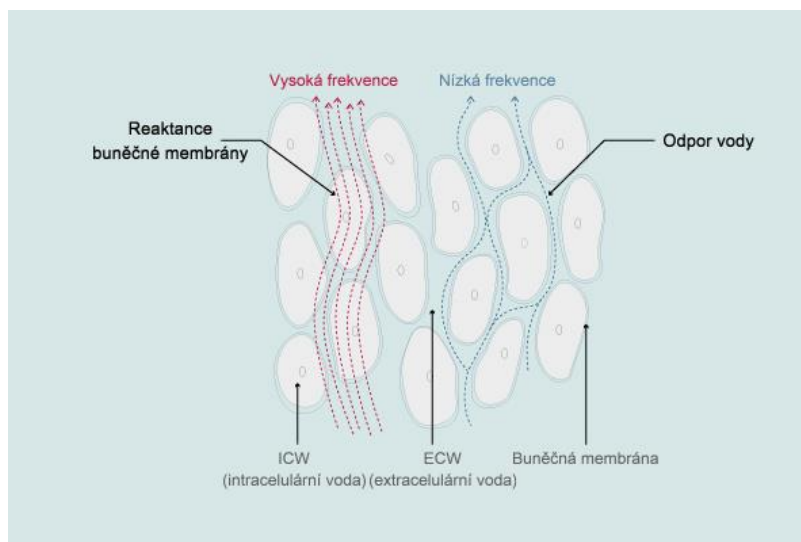
Aby se tyto komponenty však daly analyzovat, začaly se využívat různé metody, které dnes můžeme různě klasifikovat. Někteří je dělí na tradiční a nové (Lukaski, 1987), další na dvou- (FM a FFM) a multikomponentové (Wells & Fewtrell, 2006), na laboratorní a terénní (Přidalová, 2013), nebo také na antropometrické, biofyzikální a biochemické (Riegerová et al., 2006). Dnes existuje řada vysoce sofistikovaných, ale nákladných metod, které lze použít k odhadu složení těla, jež budou představeny níže. Všechny tyto metody však podléhají chybám měření a základním předpokladům, které nemusí vždy z různých důvodů dodrženy (Heyward, 2002).

### 2.2.2.1 Bioelektrická impedance (BIA – Bioelectrical Impedance Analysis)

První představenou metodou je bioelektrická impedance, která bude charakterizována ve větším rozsahu z důvodu jejího využití ve výzkumné části této diplomové práce.

BIA je cenově relativně dostupná, dnes běžně užívaná, přenosná, neinvazivní a praktická metoda používaná k měření komponent tělesného složení, jako jsou svalová hmota, tělesný tuk nebo tělesná voda (na principu dvoukomponentového modelu tělesného složení – FM a FFM). Povaha metody spočívá v šíření střídavého nízkofrekvenčního elektrického proudu, který je veden pomocí vodní v těle na základě kontaktu těla s elektrodami. Živé organismy obsahují intra- (ICW) a extracelulární (ECW) tekutinu, které se chovají jako elektrické vodiče, a buněčné membrány, které působí jako nedokonalé reaktivní prvky. Při nízkých frekvencích do 100 kHz proud prochází hlavně ECW, zatímco při frekvencích vyšších proniká skrze ECW i ICW (Obrázek 7) (InBody, 2020; Lukaski, 1987). Impedancí se získá celková tělesná voda (TBW), z níž lze odvodit beztukovou hmotu (FFM) – tedy tu část těla, která neobsahuje tuk, včetně svalů a kostí – a pak tukovou hmotu (FM). K pochopení principu BIA je důležité si představit důležité pojmy jako rezistenci a reaktanci, které jsou využity k výpočtu impedance.

Složky v těle jako voda, tuk, svaly a kosti mají při šíření elektrického proudu tělem různou velikost odporu. Voda je vysoce vodivá a tvoří významné procento lidského těla. Čím větší je množství vody v těle, tím menší je odpor. Například svaly obsahují vysoké procento vody, což má za následek menší odpor. Na druhé straně tělesný tuk obsahuje velmi málo vody a ve srovnání se svalovou hmotou nebo vodou v těle představuje mnohem vyšší odolnost. Rozdíl v odporu vůči elektrickému proudu mezi vodou, svaly a tukovými buňkami je známý jako reaktance (kapacitní odpor), která představuje další typ odporu. Tělo se skládá z bilionů buněk, z nichž každá je chráněna buněčnou membránou, která odděluje vnitřek buňky (intracelulární) od vnějšího (extracelulárního) prostředí (InBody, 2020).



Obrázek 7. Průchod elektrického proudu buňkami (upraveno dle [www.inbodyusa.com](http://www.inbodyusa.com))

Jak bylo zmíněno výše, reakcí těla na průchod elektrickým proudem nabízí dva typy odporu, a to reaktanci a rezistenci. Zatímco reaktance vychází z kontaktu s buněčnými membránami, reaktance závisí podle reakce s ECW a ICW. Kombinací těchto dvou proměnných vzniká impedance. Reaktanci a rezistenci lze měřit v různých rozsazích frekvencí. Při nulové nebo nízké frekvenci však proud není schopen proniknout skrze buněčné membrány, které fungují jako izolátory, proto proud prochází ECW. Naopak u vysokých frekvencí se buňky chovají jako výborný vodič a odráží tak kombinaci ECW i ICW (Kyle et al., 2004).

Impedanci ( $R$ ) lze měřit na základě Ohmova zákona pomocí proudu ( $I$ ) a napětí ( $U$ ), kdy  $R = U/I$ . Fyzikální princip impedance je postaven na vodivosti elektrického proudu vodou v těle, přičemž tělo považuje jako válec. Objem ( $V$ ) se počítá jako násobek plochy ( $A$ ) s délkou válce ( $L$ ), za vzniku rovnice:

$$V = A \cdot L \quad (1).$$

Rezistence ( $R$ ) prostředí je úměrná délce válce čili výšce těla ( $L$ ) a nepřímo úměrné k ploše průřezu ( $A$ ), kdy dostáváme vztah  $R = L/A$ . Tělo však není jednotný válec a jeho vodivost není konstantní, empirický vztah je založen na impedanční konstantě  $\rho$ , kdy použitím této konstanty vzniká vztah:

$$R = \rho \cdot L / A \quad (2).$$

Využitím vzorce (2) lze získat vztah pro plochu:

$$A = \rho \cdot L / R \quad (3),$$

a následně můžeme dosazovat vzorec (3) do vzorce (1), který nám dává výpočet objemu ze vzájemného vztahu impedance a výšky jako:

$$V = \rho.L / R.L = \rho.L^2 / R$$

(InBody, n.d.; Kyle et al., 2004; Lukaski, 1987).

## **Historie BIA**

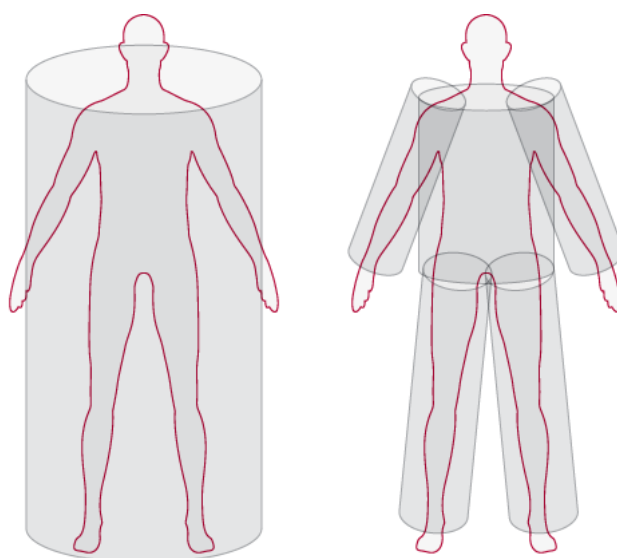
Historie BIA sahá až do roku 1969, kdy Hoffer, Meador a Simpson (1969) provedli řadu experimentů, aby prokázali, že TBW a BIA spolu velmi korelují, což podpořilo použití metody BIA pro stanovení TBW. Měření pravé poloviny těla na základě rovnice délky a impedance těla korelovala s TBW, což bylo v souladu s technikou zlatého standardu s jinými indexy té doby. Tím byla položena základní rovnice, která je používána dodnes. V roce 1979 společnost RJL Systems poprvé komercializovala impedanční měřič a metoda BIA si začala získávat popularitu. Zařízení měřilo impedanci připojením elektrod k zadní části pravé ruky a na horní část pravé nohy. Tyto elektrody poté řídily tok 50 kHz proudu pravou polovinou těla subjektu. Předtím však bylo možné měřit složení těla pouze pomocí posuvného měřítka nebo vážením pod vodou. Takové metody musely provádět kvalifikované osoby, byly nepohodlné, vyžadovaly komplikovanou metodiku nebo používání rovnic a nemohly pojmut širokou škálu populací. Alternativní BIA byla snadná, rychlá, levnější a neinvazivní. Proto začalo mnoho vědců, odborníků na výživu a lékařů používat metodu BIA (InBody, 2020; Kushner, 1992).

V 80. letech výzkum pomohl urychlit vývoj BIA. Studie prokázaly, že měření BIA měla vysokou korelaci s metodami zlatého standardu, jako byly vážení pod vodou a DEXA. Na konci 80. let se však začala objevovat technická omezení BIA (Schoeller & Kushner, 1989). Dvěma prvními omezeními BIA byly použití pouze jedné frekvence elektrického proudu (50 kHz) a předpoklad tvaru lidského těla jako jednoho vodivého válce. Tato technika mohla fungovat při měření zdravých průměrných jedinců, ale nebyla tak přesná pro ostatní populace, jako jsou starší dospělí a většina lékařských pacientů, kteří nespádají do populačních norem a průměrů. Aby se zvýšila přesnost výsledků, vědci odvodili různé rovnice specifické pro populaci pro stanovení složení těla. Tyto rovnice byly založeny na empirických datech. Lukaski a Bolonchuk (1988) publikovali studii, ve které byl index impedance kombinován s faktory, jako je tělesná hmotnost a pohlaví,

do empirických rovnic. Postupem času bylo vyvinuto mnoho dalších rovnic založených na dalších faktorech, jako je věk, etnická příslušnost a typ těla.

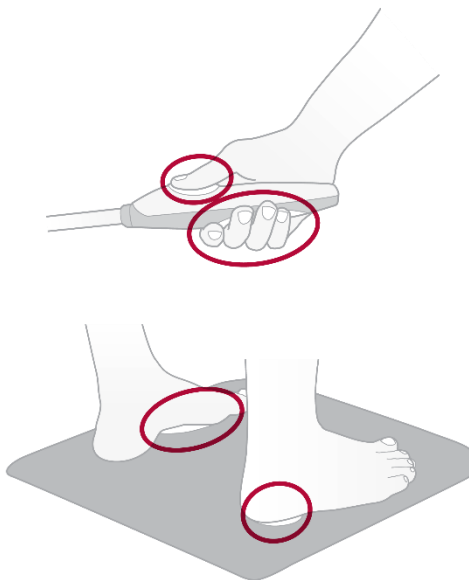
Na konci 80. let 20. století japonsští výrobci uvedli na trh různé typy zařízení pro složení těla BIA pro širokou veřejnost. Postupně se zařízení BIA stávaly populárnějšími pro osobní použití než pro odborná lékařská hodnocení kvůli technickým omezením zmíněným v předchozím odstavci. Některá zařízení měřila impedanci mezi oběma nohama, zatímco jiná měřila impedanci mezi oběma rukama.

Kushner v roce 1992 navrhnul řešení, že technická omezení BIA lze zlepšit měřením lidského těla jako pěti samostatných válců (pravá ruka, levá paže, trup, pravá noha, levá noha) místo jednoho (Obrázek 8). Každý z těchto válců má různé délky a plochy průřezu, což má za následek různé hodnoty impedance. Podle Kushnera (1992) by samotné měření segmentové impedance nestačilo, místo toho by všech pět tělesných válců muselo být také měřeno na různých frekvencích, aby bylo možné rozlišit ICW, ECW a TBW. Toto rozlišení by umožnilo lepší pochopení distribuce tekutin a poskytlo přesné měření hydratovaného stavu FFM. Jinými slovy, technická omezení BIA lze překonat měřením různých segmentů těla na různých frekvencích (Ward, 2012).



Obrázek 8. Tradiční jednoválcový a revoluční segmentový model BIA (upraveno dle [www.inbodyusa.com](http://www.inbodyusa.com))

V roce 1996 představil Dr. Kichul Cha přístroj InBody, první 8bodový hmatový elektrodotový systém (Obrázek 9) na světě s přímou segmentovou analýzou pro měření impedance v pěti různých válcích těla pomocí více frekvencí (InBody, 2020). Tímto způsobem byla samostatně měřena impedance končetin a trupu, čímž byly získány vysoce přesné výsledky bez použití empirických údajů založených na faktorech, jako je věk, pohlaví, etnická příslušnost, zdatnost a tvar těla.



Obrázek 9. Systém elektrod na základě osmi kontaktních spojů s tělem (upraveno dle [www.inbodyusa.com](http://www.inbodyusa.com))

Na trhu je k dostání široké množství přístrojů od různých firem, které jsou založeny na principu měření pomocí bioelektrické impedance. Některé přístroje jsou při měření postaveny na kontaktu elektrod pouze s rukama, některé zase jen na kontaktu s nohama. Velká část však spočívá v kontaktu elektrod jak s nohama, tak i s rukama. Mezi nejznámější firmy vyrábějící produkty k měření složení těla pomocí BIA patří firma Akern (přístroje BIA 101 BIVA, BIA 101 Anniversary), firma Tanita (RD-545, BC-545N, BC-401, RD-953 a další) nebo firma InBody (InBody 270, 570 nebo 770), jejíž přístroj je použit při metodice této diplomové práce.

Mezi hlavní proměnné, které při měření bioelektrickou impedancí získáme, patří FFM, TBW, ICW, ECW, jejich vzájemný poměr a procento tuku v těle. Výstupem je dále množství měkké svalové hmoty a celková buněčná hmota (Body Cell Mass – BCM).

Multisegmentální přístroje také dokáží analyzovat jednotlivé segmenty těla (horní a dolní končetiny, trup) a jejich analýzu vody a svaloviny (Schoeller, 2000).

### **Hydrostatické vážení (denzitometrie)**

Metodu lze také označit jako vážení pod vodou. Touto technikou se hustota těla měří pomocí rozdílu tělesné hmotnosti na vzduchu a pod vodou na základě Archimedova zákona, který zní: „*těleso ponořené do tekutiny, která je v klidu, je nadlehčováno silou rovnající se tíze tekutiny stejného objemu, jako je ponořená část tělesa*“. Výpočet je založen na změření hmotnosti subjektu (WS) a hustoty vody v nádrži (WD). Poté je měřený subjekt umístěn na specializované měřítko a ponořen do velké nádrže s vodou. Subjekt je požádán, aby vypudil veškerý vzduch z plic, při kterém je získán reziduální objem plic (RV) a hmotnost subjektu pod vodou (WSU). Následně se vypočítá hustota subjektu pomocí rovnice (1). Na základě výpočtu lze poté dopočítat i procento tělesného tuku pomocí rovnice (2).

$$\text{Hustota těla} = \text{WS} / [(\text{WS} - \text{WSU}) / \text{WD} - \text{RV}] \quad (1)$$

$$\% \text{ tělesného tuku} = [495 / \text{hustota těla} - 4.142] \cdot 100 \quad (2)$$

Měření se třikrát opakuje, až se získá průměrný výsledek. Tato technika se však používá jen zřídka, kvůli neschopnosti změření tukové tkáně (Rashmi & Snehalatha, 2019; Siri, 1956).

### **Pletysmografie**

Techniku pletysmografie zavedl Behnke (Behnke Jr. et al., 1942) k překonání nedostatků v denzitometrické technice. Tato technika má lepší přesnost než metoda hydrostatického vážení a může být použita i u malých dětí. Měření probíhá na základě Boylova zákona, kdy se objem těla měří za pomoci vzduchu ve fyzikálním vztahu mezi objemem a tlakem. Nejprve se měří objem vzduchu uvnitř komory, poté probíhá měření se subjektem uvnitř. Výsledný objem se získá odečtením zbylého objemu vzduchu uvnitř komory od objemu vzduchu v prázdné komoře (Rashmi & Snehalatha, 2019). Pomocí rovnic (3) a (4) získáme výsledky (Siri, 1956).

$$\% \text{ tělesného tuku} = [495 / \text{hustota}] - 450 \quad (3)$$



$$\% \text{ FFM} = 100 - \% \text{ tělesného tuku} \quad (4)$$

Tato metoda však může být ovlivněna změnami obsahu kostních minerálů a zadržováním vody u obézních jedinců. Různý obsah kostních minerálů a nadměrné zadržování tekutin mohou zvýšit nebo snížit hustotu štíhlé hmoty, a proto mohou vést k podcenění nebo nadhodnocení tuku (Wells & Fewtrell, 2006).

### **Kaliperace**

Slovo antropometrie je odvozeno z řeckého „*anthropos*“ = člověk a „*metron*“ = měřit, měřidlo. Podstatou antropometrických metod je hodnocení a měření velikosti těla, proporcí kostí a obvodových měř či kožních řas za pomoci nejrůznějších nástrojů (Obrázek 10). Tyto parametry pak lze vzájemně kombinovat a vypočítat antropometrické indexy, které mohou být vztaženy k referenčním hodnotám tělesného složení, růstu a vývoje člověka nebo různých populačních skupin (Riegerová et al., 2006). Hojně využívaná metoda na základě měření 10 kožních řas vychází např. z podkladu Pařízkové (1962). Kaliperace využívá různých typů kaliperů a různých regresních rovnic pro výpočet množství podkožního tuku.



Obrázek 10. Různé typy kaliperů

(upraveno dle <https://www.topendsports.com/testing/skinfold-caliper-guide.htm>)

Je důležité zmínit, že tukovou složku v těle můžeme nacházet na různých úrovních. Předchozími popsányi metodami (vyjma BIA) lze spočítat pouze celkový tělesný tuk, který nerozlišuje jeho rozložení v těle, zatímco metodou kaliperace měříme zastoupení podkožního tuku.

### **Počítačová tomografie (CT)**

Moderní radiografická metoda, jež slouží k determinaci vybraných orgánových úseků a jejich stavbě. Tato technika má schopnost rozlišovat adipózní a neadipózní tukovou tkáň. Vychází z vyzařování rentgenových paprsků, jejich pohlcování a rozdílů v hustotě tkání, které vytváří dvojrozměrný anatomický obraz (Lukaski, 1987).

### **Magnetická rezonance (MRI)**

Pro hodnocení distribuce tělesného tuku byla v poslední době použita také technika MRI. Princip zobrazování je založen na magnetických vlastnostech vodíkových jader ve vodě a tuku, která jsou přítomná v tělesných buňkách. Vytváří obrazy měkkých tkání celého těla, přičemž se MRI používá spíše k odhadu objemu tuku než množství podkožní a viscerální tukové tkáně (Hu et al., 2016; Rashmi & Snehalatha, 2019).

### **Dual energy x-ray absorptimetry (DEXA, DXA)**

Pomocí této metody se měří celkový tělesný tuk, aktivní tkáňová hmota (Lean Tissue Mass, LTM) nebo kostní denzita. Princip zařízení DEXA zahrnuje zdroj, který vyzařuje ionizující paprsky na dvou úrovních a detektor, který je následně snímá. Při vyšetření leží v osoba nehybné poloze na zádech, přičemž skenování probíhá v celé délce od hlavy až k patě (Rashmi & Snehalatha, 2019; Wells & Fewtrell, 2006). V současnosti se jedná o jednu z nejvyužívanějších metod diagnostiky tělesného složení.

Mezi další metody odhadu tělesného složení můžeme zařadit součet tělního izotopu draslíku  $^{40}\text{K}$ , ultrazvuk, metodu ředění izotopů, zobrazení termokamerami, vylučování kreatininu, aktivační analýzu neutronů, metabolitů a další (Lukaski, 1987; Rashmi & Snehalatha, 2019). Celkové zhodnocení metod spolu s výhodami a nevýhodami shrnuje Tabulka 1.

Tabulka 1. Srovnání vybraných metod ke stanovení odhadu tělesného složení (upraveno dle Novotného, 2013)

Metoda	Chybovost – střední chyba (%)	Dostupnost	Čas (min)	Náklady
Hydrostatické vážení	$\pm 2,7$	<i>spec. laboratoř, ztížená</i>	30	<i>vysoké + personál</i>
Pletysmografie	$\pm 2,7-3,7$	<i>spec. laboratoř, ztížená</i>	5	<i>vysoké + personál</i>
Kaliperace – měření kožních řas	$\pm 3,5$	<i>přenosné, výborná</i>	< 5	<i>nízké + zaučení</i>
Bioelektrická impedance	$\pm 3,5$	<i>víceméně přenosné, přijatelná</i>	< 5	<i>střední + zaučení</i>
DEXA	$\pm 1,8$	<i>spec. centrum, ztížená</i>	5-10	<i>velmi vysoké + personál</i>
Počítačová tomografie	<i>není stanovena</i>	<i>spec. centrum, ztížená</i>	~30	<i>velmi vysoké + personál</i>

### 2.2.3 Parametry tělesného složení

Vzhledem ke skutečnostem, že metody odhadu tělesného složení jsou ve velké většině neinvazivní, hodnoty dílčích komponentů jsou stanoveny na základě nepřímých měření. K detailní analýze tělesného složení však může sloužit studium na zemřelých osobách, ze kterých lze získat hodnoty konkrétních parametrů přímým měřením. V případě zmíněných neinvazivních metod se tedy seznámíme se základními proměnnými při BIA, které nám tělesné složení specifikují blíže.

#### Tělesná voda, celková tělesná voda (Total Body Water – TBW)

Voda v lidském těle je nezbytnou součástí k udržení zdraví a život bez vody si nelze představit. Dokladem pro toto tvrzení je fakt, že při absenci příjmu tekutin dochází k úmrtí v řádu několika hodin až dnů, tedy mnohem rychleji než v důsledku absence příjmu jiných živin. Představuje hlavní složku tělesné hmotnosti, přičemž její množství je ovlivněno věkem, pohlavím, tělesnou hmotností, ale také klimatickými podmínkami nebo intenzitou pohybové aktivity (Lukaski & Bolonchuk, 1988). Voda v lidském těle představuje médium, ve kterém probíhá nespočet biochemických reakcí k udržení homeostázy, udržuje krevní oběh, pomáhá regulovat tělesnou teplotu a vylučovat odpadní látky z těla ven (Hooper et al., 2014). Její pravidelný příjem je důležitým faktorem pro udržení optimálních životních funkcí, které mohou vyústit v nepříjemné zdravotní

problémy (Popkin et al., 2010). Voda představuje značnou část hmotnosti těla, přičemž s věkem se množství vody v těle snižuje (Tabulka 2).

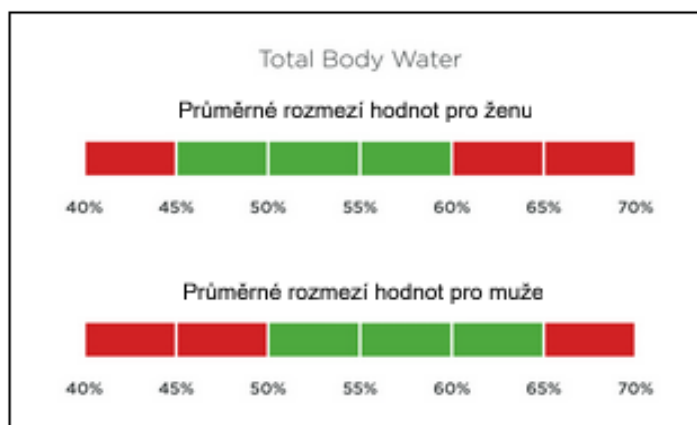
Tabulka 2. Zastoupení tělesné vody v závislosti na věku (upraveno dle Maliny, 1969)

Věk		TBW %	ECW %	ICW %
<i>Plod</i>				
	<i>1 měsíc</i>	94		
	<i>5 měsíců</i>	87	62	25
	<i>8 měsíců</i>	81	52	29
<i>Novorozenec</i>				
	<i>1 měsíc</i>	73	39	34
	<i>2 měsíce</i>	70	33	37
	<i>4 měsíce</i>	67	30	37
	<i>6 měsíců</i>	63	28	35
	<i>9 měsíců</i>	61	27	34
	<i>1 rok</i>	60	26	34
	<i>2 roky</i>	63	28	35
	<i>3 roky</i>	63	27	36
	<i>6 let</i>	62	26	36
	<i>9 let</i>	62	26	36
	<i>12 let</i>	61	25	36
<i>18 let</i>	<i>M</i>	65	26	39
	<i>Ž</i>	54	25	29
<i>25 let</i>	<i>M</i>	59	25	34
	<i>Ž</i>	51	24	27
<i>45 let</i>	<i>M</i>	56	25	31
	<i>Ž</i>	49	24	25
<i>65 let</i>	<i>M</i>	53	25	28
	<i>Ž</i>	47	24	23
<i>85 let</i>	<i>M</i>	50	26	24
	<i>Ž</i>	45	24	21

Termínem celková tělesná voda (TBW) označujeme veškeré množství vody v těle, která je rozdělena na tekutinu v buňkách (intracelulární, ICW) a tekutinu mimo buňky (extracelulární, ECW). V průměru představuje TBW přibližně 60 % (rozmezí 45-75 %) tělesné hmotnosti a mění se v závislosti na tělesném složení. Obecně pak TBW klesá s věkem od 75 % u novorozenců (rozmezí 64-84 %) na 56 % (47-67 %) u mužů a 47 % (39-57 %) u žen starších padesáti let. Ženy začínají kolem puberty vykazovat nižší procento vody než muži kvůli narůstajícímu vyššímu zastoupení tukové složky. Obsah vody v tukové tkáni a kostech je nízký (asi 10 %, resp. 22 %) ve srovnání s ostatními orgány v těle (ledviny 83 %, játra 68 %) (NDA, 2010). V poměrovém zastoupení TBW připadá 2/3 na ICW a 1/3 na ECW, resp. 40 % a 20 % tělesné hmotnosti. ECW pak

můžeme dále rozlišit na tkáňový mok (intersticiální tekutina), který obklopuje buňky tkání a činí 75 % ECW (tj. 15 % tělesné hmotnosti), a plazmu (intravaskulární tekutina) uvnitř cév, která představuje 25 % ECW (tj. 5 % tělesné hmotnosti) (Kittnar et al., 2020). Obsah vodní složky v LTM (která představuje svaly, proteiny a enzymy) a tukové hmotě je kolem 73 %, resp. 10 %. U starších osob, žen a obézních jedinců se vyskytuje nižší TBW z důvodu jejich menšího množství LTM. Výměna tekutin v těle mezi jednotlivými buňkami je regulována osmotickým a hydrostatickým tlakem, přičemž výměna vody také závisí na změnách osmolarity v ECW. Množství TBW a ICW u seniorů blízce souvisí s množstvím svalové hmoty, přičemž také křehčí a slabší senioři mají menší zastoupení ICW. ICW pak představuje relevantní roli ve funkčnosti svalů a její stanovení může být ukazatelem funkční kapacity a výkonu u starších subjektů (Serra-Prat et al., 2019).

Ke ztrátám vody z těla dochází zejména pomocí moči a potu, ale i kůže, respirace nebo se stolicí. Rovnováha vody v těle je pak zajišťována ledvinami, které mohou zředit nebo zkoncentrovat moč v závislosti na metabolitech a příjmu vody (Roumelioti et al., 2018). Obsah vody ve svalech, které představují hlavní složku tělesné hmotnosti, činí asi 76 %. Z toho lze logicky usoudit, že čím je menší zastoupení svalové hmoty v těle, tím menší je i TBW. Navíc, ztráta vody negativně ovlivňuje funkce svalů. Je známo, že střední dehydratace (ztráta vody o velikosti 2-3 % tělesné hmotnosti), může způsobovat únavu, slabost, může také ovlivňovat duševní pohodu, vyvolávat ztráty paměti nebo ovlivňovat mentální a psychomotorické dovednosti (Hooper et al., 2014; Miller, 2015). Na stav hydratace u seniorů má také významný vliv množství pohybové aktivity spolu s množstvím svalové hmoty a pitným režimem (Klimešová et al., 2017). Optimální rozmezí zastoupení množství vody pro zdravou osobu ilustruje Obrázek 11.

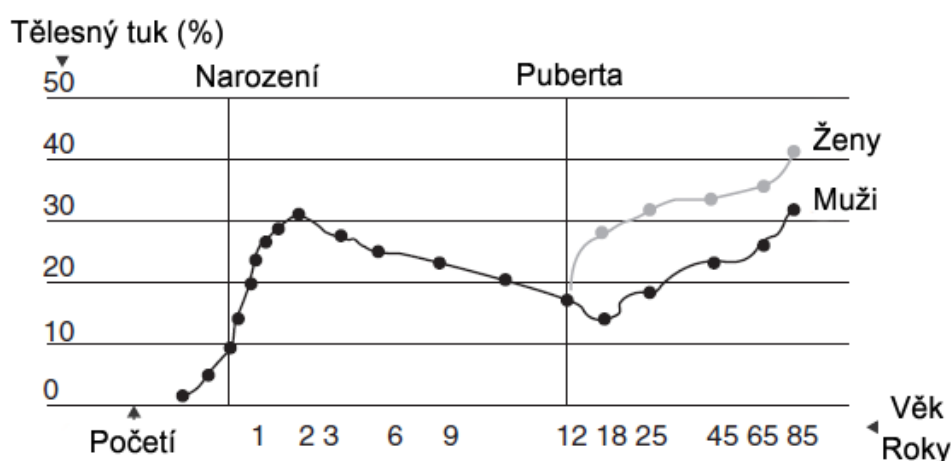


Obrázek 11. Ideální množství vody v těle (upraveno dle <https://tanita.eu/help-guides/understanding-your-measurements/>)

## Tělesný tuk, tuková hmota – Fat Mass (FM), BFM

Tuková tkáň v organismu představuje zásobárnu energie, přičemž slouží jako tepelná a mechanická ochrana pro životně důležité orgány. Podle typů tukových buněk (adipocytů) rozlišujeme hnědou tukovou tkáň, která plní významnou funkci poporodní adaptace zejména na chlad u novorozence a u dětí do 1 roku, kdy postupně mizí, a bílou tukovou tkáň uloženou především v břišní dutině a pod kůží (Marešová, 2020). Dále se také tělesný tuk člení na esenciální a zásobní tělesný tuk. Esenciální složka je přítomna v nervových tkáních, kostní dřeni a membránách všech buněk a orgánů, přičemž tento tuk nejde ztratit bez závislosti narušení fyziologických funkcí. Naopak zásobní tuk představuje energetickou rezervu, která se hromadí při nadbytečném příjmu živin a nedostatku spotřeby této energie. Esenciální lipidy tvoří asi 3 % tělesné hmotnosti u mužů a 12 % tělesné hmotnosti u žen. Předpokládá se, že vyšší zastoupení esenciálního tuku u žen má souvislost s porodem a dalšími hormonálními funkcemi (Author, n.d.; Riegerová et al., 2006). Zároveň tuk představuje tu složku tělesné hmotnosti, kterou lze snadno ovlivnit pohybovou aktivitou a racionální výživou.

Jako většina komponent tělesného složení, tak i podíl tukové hmoty se s narůstajícím věkem mění (Obrázek 12). Výpočet tělesného složení v závislosti na obsahu tukové hmoty vychází z dvoukomponentového modelu složení těla, ve kterém se rozlišuje FM a FFM. Hmotnost těla pak představuje součet těchto proměnných. Původní metody odhadu tělesného složení na základě rozdílné hustoty tkání vycházely z denzitometrie nebo hydrometrie.

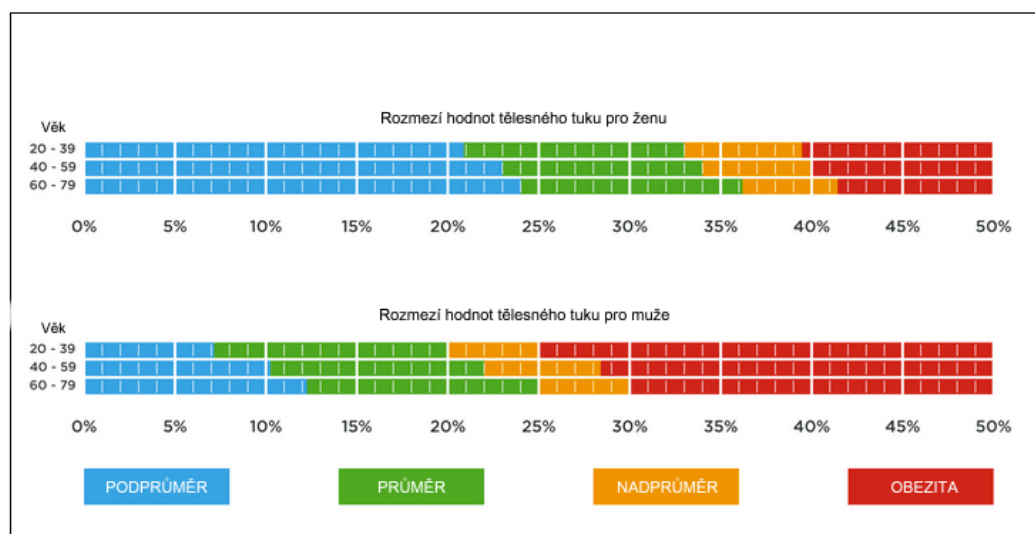


Obrázek 12. Změny procentuálního zastoupení tukové složky v těle v závislosti na věku (upraveno dle González Jiménez, 2013)

Souhrn veškeré tukové tkáně v těle můžeme označit jako tělesný tuk (BFM – Body Fat Mass). Ten se dá poté měřit podle zastoupení množství tukové hmoty v těle v jednotkách kilogramu nebo také jako procentuální zastoupení (%BF). Při stanovování této hodnoty se vychází z rovnice  $\%BF = (100 \cdot BFM) / \text{tělesná hmotnost (kg)}$  nebo v případě zjištění tukuprosté hmoty – FFM jako vztah  $\%BF = 100 \cdot (\text{tělesná hmotnost} - FFM) / \text{tělesná hmotnost (kg)}$ . Tato rovnice například vychází při zjišťování tělesného složení pomocí BIA (Baumgartner et al., 1990).

V řadě vědeckých studií se došlo k mnoha zjištěním, např. že zvýšené množství tělesného tuku souvisí se výraznějším rizikem úmrtnosti (Heitmann et al., 2000) nebo sníženou tělesnou zdatností (Ward-Ritacco et al., 2020). Riegerová et al. (2006) zmiňují, že zvýšené množství podkožního tuku je spojeno s obezitou, která způsobuje zdravotní komplikace, jež často vyúsťují ve fyzické i sociální problémy. Hlavní rizika jsou pak spojena s výskytem diabetes mellitus, kardiovaskulárních onemocnění, určitých forem rakoviny nebo spánkových a dýchacích obtíží (Kopelman, 2000). Množství tělesného tuku však může sloužit u starších žen jako determinanta kostní denzity (Visser et al., 1998) či prediktor rizika osteoporotických zlomenin (Moayyeri et al., 2011).

Na základě spojitostí zdravotních rizik spojených s tukovou složkou v těle byly představeny doporučené normy a standardy procentuálního zastoupení tuku v těle pro muže a ženy u normální populace. Zdravé a optimální zastoupení tukové složky v těle znázorňuje Obrázek 13.



Obrázek 13. Zastoupení tukové tkáně u dospělých osob (v %) (upraveno dle <https://tanita.eu/help-guides/understanding-your-measurements/>)

## **Tukuprostá hmota – Fat-free Mass (FFM)**

FFM představuje veškerou hmotu v těle, která neobsahuje tuk. Je to velmi různorodá směs komponentů, která zahrnuje orgány, kosterní svalstvo, minerály, glykogen, proteiny, ostatní tkáně a v neposlední řadě vodu složenou z ECW a ICW, které dohromady tvoří zhruba 73 % z celkové hmotnosti FFM (Wang et al., 1999). Její množství a zastoupení v těle se liší v závislosti na věku, pohybové aktivitě a dalších faktorech, přičemž se udává, že je tvořena z 60 % svalstvem, z 25 % pojivovými a opěrnými tkáněmi a zbylých 15 % tvoří hmotnost vnitřních orgánů (Riegerová et al., 2006). Z pohledu dvoukomponentového tělesného složení je tělesná hmotnost tvořena FM a FFM, z pohledu tkáňového modelu je tvořena kosterním svalstvem, kostmi a ostatní svalovou a měkkou tkání (Obrázek 5, 7).

Spolu s narůstajícím věkem se postupně snižuje podíl FFM, zatímco se zvyšuje podíl FM (Hughes et al., 2002), obecně se však dá říct, že FFM se stabilně zvyšuje s dospíváním, během dospělosti zůstává relativně stabilní a během stárnutí se snižuje. Největší množství FFM se objevuje v období mezi 40. a 50. rokem života a poté se postupně snižuje (Borrud et al., 2010; Gába & Přidalová, 2014). Toto snížení je způsobeno zejména ztrátou svalové hmoty, která je hlavní složkou FFM. Největší rozdíly mezi pohlavími lze pozorovat v období nástupu puberty, při níž se mění celková stavba těla a u chlapců dochází k výraznému nárůstu síly díky nárůstu svalové složky oproti dívkám. Významné změny ve složení těla u žen nastávají v období nástupu menopauzy (Franklin et al., 2009). Na druhou stranu, když dochází k poklesu FFM, zvyšuje se množství celkového tělesného tuku (BFM), který nabývá svého vrcholu mezi 50. a 70. rokem života (Gába & Přidalová, 2014; Kuk et al., 2009). Ačkoliv je množství tělesného tuku také závislé na genetických faktorech (Böttcher et al., 2012), z velké části je však ovlivněno životním stylem a pohybovou aktivitou v kombinaci s energetickým příjmem (Pelclová, Gába, Tlučáková, & Pošpiech, 2012).

Mezi tukuprostou hmotu lze zařadit také LBM, která na rozdíl od FFM obsahuje také buněčné membrány. Stejně jako FFM, tak i množství LBM se postupujícím věkem snižuje (Yu et al., 2013).

## **Svalová hmota**

Svalstvo je další důležitou komponentou tělesného složení. Svalová tkáň je tvořena třemi různými typy, a to kosterním svalstvem, hladkou svalovou tkání a srdeční svalovinou. Pro hodnocení tělesného složení je však nejdůležitější kosterní svalovina



(Skeletal Muscle Mass – SMM). Tak jako ostatní složky tělesného složení i zastoupení svalové hmoty v poměru k tělesné hmotnosti se v průběhu ontogeneze mění. Její hodnoty se však liší v závislosti na použité metodice. Obecně však vycházíme z předpokladu, že u nesportovní dospělé populace činí kosterní svalstvo u mužů zhruba 40 % tělesné hmotnosti, u žen 30 % tělesné hmotnosti (Riegerová et al., 2006). Stejně jako u FFM, tak i množství svalové hmoty je ovlivněno úrovní pohybové aktivity, věkem nebo pohlavím. Nejvýraznější intersexuální rozdíly se opět objevují v období dospívání, v období dospělosti jsou hodnoty relativně stabilní, avšak ve stáří dochází k výrazným regresivním změnám a úbytku svalové hmoty (Janssen et al., 2000).

Výrazný úbytek svalstva u seniorské populace je označován jako sarkopenie. Tyto změny vedou k různým negativním zdravotním projevům jako je snížená kloubní pohyblivost, snížení svalové síly, oslabení kostní denzity, vyšší únava, snížení funkční kapacity různých orgánových soustav, omezení inervačních možností kosterních svalů ve smyslu motorických jednotek. To vše vede ke snížení mobility, ke snížení kvality života, zvýšení nemocnosti nebo úmrtnosti ve vztahu k nárůstu neinfekčních onemocnění hromadného výskytu (Kalvach et al., 2004; Topinková, 2005). Snížení svalové hmoty a pohybové aktivity snižuje energetický výdej u starších lidí a může vést k přírůstku hmotnosti charakterizovaným hlavně hromaděním tuku hlavně v oblasti trupu, resp. viscerálního tuku (Nair, 2005).

### **Minerály, buněčná hmota**

Největší zastoupení minerálů v těle se nachází v kostech (82-85 % všech minerálů). Zbytek je vázáno mimo kostní hmotu. Stejně jako ostatní složky tělesného složení, tak i množství minerálů se mění v závislosti na věku, přičemž největší rozdíly lze spatřovat po nástupu menopauzy u žen (Kröger et al., 1994). Kostní minerály také úzce souvisí s dalšími parametry tělesného složení, jako je množství svalové hmoty, hmotnost nebo Body Mass Index – BMI. Čím jsou tyto hodnoty větší, tím jsou kosti těžší a dochází k nárůstu množství kostních minerálů (Felson et al., 1993). Mezi velmi časté projevy spojené s úbytkem kostní hmoty a denzity, resp. se ztrátou minerálů v kostech, se řadí výskyt osteoporózy, která může vyústit až ve zlomeniny, nejčastěji v oblasti krčku stehenní kosti. Zodpovědným stravováním, zatěžováním a pohybovou aktivitou v období růstu a dospívání lze toto riziko vzniku onemocnění snížit (Rizzoli et al., 2010).

Koncept buněčné hmoty (BCM) byl představen Moorem et al. (1963), který reflektuje buněčné složky těla zapojené do biochemických procesů a energetického

metabolismu. BCM se skládá z tukuprostých buněčných částí tkání, jako jsou kosterní svaly, vnitřní orgány, krev a mozek.

## **BMI**

Body Mass Index, index tělesné hmotnosti či také Quetelet index, je indikátorem optimální tělesné hmotnosti. Řadíme jej k hmotnostně-výškovým indexům. Je definován jako podíl tělesné hmotnosti a druhé mocniny tělesné výšky [ $BMI (kg/m^2) = \text{tělesná hmotnost (kg)}/\text{tělesná výška (m}^2\text{)}$ ].

Nejedná se však o diagnostický nástroj, ale spíše predikční hodnotu, která může upozornit na možná rizika, jelikož BMI nebere v úvahu věk, pohlaví nebo svalovou hmotu, která může být zaměněna za tukovou složku. Hodnoty BMI spadají do jednotlivých kategorií (<18,5 podváha; 18,6-25 normální váha; 25,1-30 nadváha; >30,1 obezita). Vysoké hodnoty, podobně jako nízké hodnoty BMI, jsou dle WHO vztahovány ke zdravotním rizikům. Mezi onemocnění související s nadváhou a obezitou patří neinfekční nemoci hromadného výskytu, jako jsou kardiovaskulární onemocnění, vysoký krevní tlak, osteoartróza nebo diabetes mellitus 2. typu (WHO, 2021b). Nízká či vysoká hodnota BMI je prediktorem zdravotních rizik, nic ovšem nevyovídá o frakcionaci tělesné hmotnosti. Oborníci varují před jeho použitím jako diagnostického kritéria, jelikož nerozlišuje tukovou a tukuprostou složku v těle (Mercadal, 2019) a má své limity jak u dětské, dospělé i seniorské populace. Jeho senzitivita u všech tří jmenovaných je velmi nízká.

Pokud bychom rozložili hmotnost na hmotnost tuku a tukuprosté hmoty, lze pracovat s následujícími indexy (Bláha et al., 2007; Kyle et al., 2003; Přidalová, 2013; Schutz et al., 2002).

## **Indexy tělesného složení**

Na základě naměřených absolutních hodnot lze dopočítat a získat různé relativní rozměry nebo indexy, které jsou vyjádřeny vzájemným poměrem dvou rozměrů (Riegerová et al., 2006). Níže si krátce představíme vybrané indexy FFMI (Fat-free Mass Index), BFMI (Body Fat Mass Index), SMI (Skeletal Muscle Mass Index) a BCMI (Body Cell Mass Index).

## **FFMI a FMI**

Při získaných hodnotách FFM a FM, např. pomocí metody BIA, lze dopočítat FFMI a FMI. Ty se opět vztahují k tělesné výšce a vypočítají se následovně:

$$FFMI (kg/m^2) = FFM (kg) / \text{tělesná výška}^2 (m^2) \text{ a}$$

$$FMI (kg/m^2) = \text{hmotnost tělesného tuku} (kg) / \text{tělesná výška}^2 (m^2).$$

FMI lze použít pro hodnocení optimální hmotnosti, rizika obezity nebo predikce zdravotních komplikací.

Z FFMI pak dokážeme vyčíst stupeň rozvoje svalové hmoty nebo podvýživy. Stejně jako je BMI užitečný při hodnocení přebytku či deficitu tělesné hmotnosti různých vysokých jedinců, jsou FFMI a FMI potenciálně využitelnými při hodnocení parametrů složení těla při eliminaci rozdílů FFM a tělesného tuku spojených s výškou. Referenční hodnoty v porovnání se zdravou váhou pásma BMI jsou u FFMI 16,7-19,8 kg/m<sup>2</sup> pro muže a 14,6-16,8 kg/m<sup>2</sup> u žen, hodnoty FMI pak 1,8-5,2 kg/m<sup>2</sup> u mužů a 3,9-8,3 kg/m<sup>2</sup> pro ženy (Kyle et al., 2003; Schutz et al., 2002).

## **SMI**

Na základě naměřených hodnot SMM lze ve vztahu k výšce získat SMI. Lze jej vypočítat jako  $SMI (kg/m^2) = SMM (kg) / \text{tělesná výška}^2 (m^2)$ . Tento index hodnotí relativní zastoupení kosterního svalstva vzhledem k výšce jedince. Může být prediktorem nastupující sarkopenie a sníženého množství svalové hmoty. Malé zastoupení množství svalové hmoty je definováno hodnotami < 7,0 kg/m<sup>2</sup> u mužů a < 5,7 kg/m<sup>2</sup> u žen (Fukuoka et al., 2019). Častým kritériem při hodnocení stavu kosterního svalstva je také ASM (Appendicular Skeletal Muscle Mass), kterým lze stanovit množství svalové tkáně na horních a dolních končetinách.

## **BCMI**

Pomocí BCMI hodnotíme tělesnou zdatnost. Vychází z množství BCM, která je složena z veškerých metabolicky aktivních tkání v těle a počítá se jako  $BCMI (kg/m^2) = BCM (kg) / \text{tělesná výška}^2 (m^2)$ . Snížené množství BCM může být indikátorem malnutrice (InBody, n.d.-b). Optimální zastoupení se nachází v rozmezí 10,61 ± 2,18 kg/m<sup>2</sup> pro muže a 8,24 ± 1,81 kg/m<sup>2</sup> pro ženy (Talluri, 1998). BCMI je citlivější než BMI při monitorování změn ve svalové hmotě a proteinových tkáních, které mohou být spojeny s určitými patologickými stavy (Talluri et al., 2003).

## 2.3 Involuční změny

V průběhu dospělosti a stáří dochází k postupnému fyziologickému úpadku a snížení fyziologických funkcí. Snižuje se proteosyntéza, klesají imunitní funkce, narůstá množství tukové tkáň, ubývá svalová hmota a síla, klesá kostní denzita. Mezi hlavní příčiny úmrtí dnes patří onemocnění jako ateroskleróza, rakovina nebo demence. Z hlediska šancí na nezávislý život jsou však limitujícím faktorem právě změny v podpůrně-pohybovém systému, resp. ztráta svalové síly (Lamberts et al., 1997). Se zvyšujícím věkem se mění struktura a stavba těla, která je ovlivňována vnitřními i vnějšími faktory. Na buněčné úrovni můžeme pozorovat změněné vlastnosti, které se promítají do vlastností a funkčnosti tkání, orgánů nebo systémů: zpomalené dělení buňky, zpomalení biochemických reakcí a bazálního metabolismu, tvorba nefyziologických cytokinů, reaktivních proteinů, snížená citlivost a počet receptorů, zhoršená schopnost buněk odolávat volným kyslíkovým radikálům nebo nestabilita DNA, která může vyústit v rakovinné bujení (Kalvach et al., 2004; Rokyta, 2015).

Řada tělesných změn ve stáří má však svůj původ v endokrinním systému, který má vliv na většinu tělesných funkcí a jeho role při stárnutí je klíčová. Projevy jsou výsledkem různých změn hladin mnoha hormonů, z nichž některé se mohou zvedat, některé klesat, jiné zůstávají neměnné (Stárka, 2002). Tyto změny se pak projevují svalovou slabostí a ztrátou síly, osteoporózou, relativní hypovirilizací a hypogonadizmem, hypertenzí, kardiovaskulárními onemocněními, obezitou, poruchami metabolismu lipidů nebo změnou stresovou reakcí (Lamberts et al., 1997). Nejčastěji se objevují změny na ose hypotalamus-hypofýza-štítná žláza a dále při pankreatickém řízení metabolismu. Druhé jmenované souvisí zejména se sníženou citlivostí receptorů a poruchou tvorby inzulinu, která ústí v diabetes mellitus. Mezi další časté defekty můžeme zařadit poruchy štítné žlázy, jejichž příčiny můžeme hledat v autoimunitních procesech. Při fyziologickém stárnutí se setkáváme se sníženou produkcí tyreotropního hormonu (TSH) a hlavně poklesem trijodtyroninu, jejichž projevy jsou spojeny s různými příznaky (Gabalec & Čáp, 2015).

Při stárnutí dochází k jistým změnám, které můžeme považovat za fyziologické. V analogii s ženskou menopauzou se u mužů projevuje andropauza, tj. stav poklesu funkčnosti mužských pohlavních orgánů. Mezi další se řadí snížená produkce růstových faktorů a růstového hormonu – somatopauza, a změny funkčních složek adrenálních orgánů označovaných jako adrenopauza.

Andropauzou rozumíme kontinuální, postupný děj, u kterého nedochází k tak razantnímu útlumu produkce testosteronu, jako v případě estrogenů při menopauze u žen spojeného s koncem reprodukčního období, jež nastává ve velmi krátkém časovém úseku okolo 50. roku. Příčiny menopauzy souvisí se snížením hladiny estrogenů, které mají dopad na psychickou i fyzickou stránku žen. Lze pozorovat vazomotorické projevy, změny na kůži, zvýšené zastoupení tukové složky nebo snížení množství svalové hmoty. Postupně se snižují zásoby minerálů v kostech, dochází k redukci kostní hmoty. Adrenopauza je spojená se stresovou osou hypotalamus-hypofýza-nadledviny, která je zodpovědná za odpověď organismu na stres. Zde hraje hlavní roli hormon kortizol ve vztahu k dehydroepiandrosteronu (DHEA), jenž s přibývajícím věkem klesá. Převaha kortizolu má pak vliv na osteoporózu, imunitní a kognitivní funkce (Gabalec & Čáp, 2015). Dalším typickým znakem spojeným se stárnutím je snížená sekrece hormonu melatoninu. Ten je zodpovědný za regulaci biorytmů, pohlavních funkcí, efektivity spánku nebo imunitních reakcí, a je také účinný v boji proti volným radikálům. Snížená produkce melatoninu je spojena s poklesem hladiny testosteronu (Stárka, 2002). Projevy somatopauzy můžeme pozorovat ve snížené výkonnosti spojené se svalovou silou, v tendenci ke vzniku obezity, sníženou funkcí kardiovaskulárního systému, imunitního systému nebo CNS (Arvat et al., 2000). Hlavní roli zde hrají snížení koncentrace růstového hormonu, který jsou zodpovědný za růst, metabolismus lipidů a glukózy. Lze pozorovat typické morfologické a kardiovaskulární změny, metabolické abnormality, změny ve fyzické výkonnosti nebo poruchy vnímání kvality života odrážející psychické a sociální alterace. Somatopauzu lze mnohdy chápat jako tradiční příčinu sarkopenie (Gabalec & Čáp, 2015; Stárka, 2002).

### **2.3.1 Sarkopenie**

Termín sarkopenie, složen z původních dvou řeckých slov *sarx* – maso a *penia* – ztráta, poprvé použil Irwin Rosenberg k popisu změn svalové hmoty související s věkem (Rosenberg, 1989, 1997). Od té doby byla sarkopenie definována jako ztráta svalové hmoty a kosterního svalstva, ke kterému dochází s přibývajícím věkem (Morley, Baumgartner, Roubenoff, Mayer, & Nair, 2001). Nejnověji se však k definici přidružují další vlastnosti a evropská pracovní skupina pro sarkopenii u starších osob (European Working Group on Sarcopenia in Older People 1 a 2, EWGSOP1-2) ji na základě

vědeckých a klinických poznatků charakterizuje jako postupnou a generalizovanou poruchu kosterního svalstva spojenou se zvýšenou pravděpodobností nepříznivých následků, jako jsou pády, zlomeniny, fyzická nesoběstačnost a úmrtí. Od roku 2016 stav sarkopenie spadá do mezinárodní klasifikace nemocí MKN-10 do kategorie onemocnění svalů se svým vlastním číslem M 62.84 (ÚZIS ČR, 2021; Vellas et al., 2018). EWGSOP2 při klasifikaci zohlednila závažnost tohoto stavu a rozdělila je do následujících kategorií: presarkopenie, sarkopenie a těžká sarkopenie, přičemž tyto stavy zohledňují stupeň jejího vývoje (Cruz-Jentoft et al., 2019).

Sarkopenie je také často zaměňována za pojmy somatických geriatrických syndromů, a to křehkosti a kachexie z důvodu, že sarkopenie (snížení svalové hmoty a její funkčnosti) je hlavní složkou svalové křehkosti a kachexie. O sarkopenii se tedy nyní literatura zmiňuje jako o jednom ze symptomů geriatrického syndromu (Cruz-Jentoft et al., 2019). Geriatrická křehkost je charakterizovaná snížením homeostatické odolnosti (rezervy), zdatnosti a adaptibilitou organismu, které souvisejí se zhoršeným tělesným stavem, pády, tělesnými disabilitami, ztrátou soběstačnosti, imobilitou, hospitalizacemi nebo úmrtností (Kalvach & Holmerová, 2008; Xue, 2011). Nesouvisí pak výhradně se svalem samotným, ale je více komplexní a často jí předchází sarkopenie. Kachexie (z řečtiny *kakòs* – špatný, *héxis* – kondice) je pak progresivní multifaktorální syndrom charakterizovaný ztrátou hmotnosti, kosterního svalstva a tukové tkáně v důsledku závažných onemocnění jako je rakovina, chronické srdeční selhání, chronické onemocnění ledvin aj. Kachexie představuje formu sekundární sarkopenie způsobenou těžkým onemocněním, přičemž je charakterizována jak úbytkem hmotnosti, tak malnutricí spojenou s metabolickou nerovnováhou spolu se záněty v těle (Cederholm, 2015).

V případě zjišťování sarkopenie se kromě úbytku svalové hmoty do popředí dostává také svalová síla, která je jedním z klíčových parametrů determinace sarkopenie. K těmto svalovým atributům se váže také kvalita svalové tkáně (architektura, mikro- a makroskopické změny ve svalech), které jsou postiženy při sarkopenii také, nicméně z technických důvodů se při diagnostice tento parametr jeví jako problematický. EWGSOP2 pro zjištění sarkopenie připravila tři kritéria, na jejichž základě lze tento stav definovat:

- i. nízká svalová síla
- ii. nízké množství nebo kvalita svalstva
- iii. slabá fyzická výkonnost.

EWGSOP2 využívá hodnoty nízké svalové síly jako primárního parametru sarkopenie z důvodu spolehlivého zjištění těchto hodnot. Při zjištění malé svalové síly se diagnóza sarkopenie jeví pravděpodobná. Potvrzení této diagnózy představuje přítomnost snížené svalové kvality nebo jejího množství. V přítomnosti všech tří kritérií, tedy snížené svalové síly, malého množství svalové hmoty nebo kvality svalů a snížené fyzické výkonnosti, je sarkopenie považována za těžkou (Cruz-Jentoft et al., 2019).

EWGSOP však není jediný konsensus, který přišel s definicí a charakteristickými kritérii. Mezi další patří European Society for Clinical Nutrition and Metabolism Special Interest Groups (ESPEN-SIG), která popisuje stav sarkopenie jako přítomnost nízkého množství kosterní svalové hmoty a nízké svalové síly (zjistitelná testem rychlosti chůze) (Muscaritoli et al., 2010). Další definici formulovala mezinárodní pracovní skupina pro sarkopenii (International Working Group on Sarcopenia, IWGS), jež k definici ESPEN-SIG přidala dovětek, že sarkopenie je spojena se ztrátou svalové hmoty samostatně nebo v souvislosti s přírůstkem tukové hmoty (Fielding et al., 2011).

Ke zjištění jednotlivých kritérií se využívá široké škály metod, která se stále rozrůstá a klasifikace sarkopenie se stále zpřesňuje. Pro první kritérium lze využít test síly stisku nebo test sed-stoj na židli. Při druhém kritériu, zastoupení množství svalstva, se využívá metod odhadu tělesného složení zmíněných v kapitole 2.2.1, nejčastěji pak zjištění a predikce ASMM nebo SMM pomocí metody DEXA nebo BIA. Méně často se pak setkáváme s metodou magnetické rezonance nebo počítačové tomografie. Pomocnou metodu při zjišťování stavu sarkopenické obezity představují také antropometrická měření. Poslední, třetí kritérium, je zjišťováno pomocí sad testů, jako jsou různé chodecké testy (Gait Speed Test, 400 m chůze), testové baterie nebo Time-up-and-go test, zaměřující se na fyzickou zdatnost.

V této diplomové práci při zjišťování sarkopenie budeme vycházet z druhého kritéria, které nám zajistí metoda BIA, jež byla ověřena jako účinná při stanovování odhadu množství kosterního svalstva (Janssen et al., 2000; Ling et al., 2011; Yamada et al., 2017).

Dnes již také rozlišujeme různé faktory, které jsou spojeny se vznikem sarkopenie a její projevy tak mohou zhoršovat (Obrázek 14). Lze je chápat na úrovni primární, které představuje zejména stárnutí, a sekundární, do které spadají nemoci, pohybová inaktivita nebo špatné stravování a podvýživa (Cruz-Jentoft et al., 2019).



Obrázek 14. Faktory a příčiny sarkopenie (upraveno dle Cruz-Jentoft et al., 2019)

### **Léčba a prevence sarkopenie**

U starších lidí a seniorů obecně dochází k postupnému poklesu příjmu energie a stravy s přibývajícím věkem (Wakimoto & Block, 2001). Tento fenomén mezi energetickým příjmem a věkem je označován jako anorexie stárnutí a nutriční stránka je primárním cílem intervencí (Cergi et al., 2015; Robinson et al., 2018).

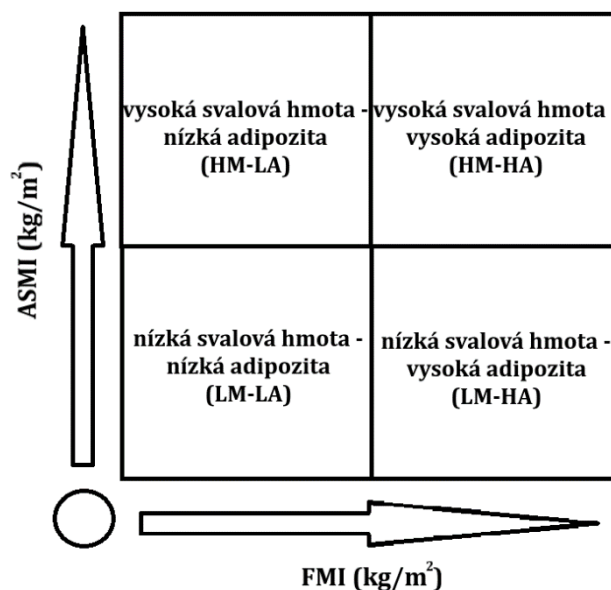
Při prevenci vzniku sarkopenie se objevily náznaky léčby hormonální substitucí k zabránění ztrátám svalové hmoty a síly, avšak s nekonzistentními výsledky (Borst, 2004). Účinným prostředkem při léčení je úprava nutričních požadavků, zejména příjmu bílkovin a dalších stopových prvků a vitamínů, jako jsou vitaminy C, D a E, zinku, selenu a omega-3 nenasycených mastných kyselin, a to především z důvodu schopností živin podpořit proteosyntézu nebo brzdit záněty, čímž zabraňují škodlivým následkům na svalové buňky (Deutz et al., 2014; Ticinesi et al., 2016). Při prevenci sarkopenie se nejúčinněji projevuje adekvátní příjem bílkovin v množství 1,2–1,5 g/kg/den (Morley, 2008; Pasca, Dogaru, & Donca, 2015)

Jako velmi účinný se dále jeví silově odporový trénink, který byl efektivní a bezpečný i pro staré a oslabené osoby s průměrným věkem 90 let (Fiatarone et al., 1994). Bylo také prokázáno, že i ve stáří mohou vytrvalostní tělesná cvičení předcházet ztrátám svalové hmoty pomocí snížení apoptózy kosterního svalstva (Marzetti & Leeuwenburgh, 2006; Zamboni et al., 2008). Nejlepší volbou se proto zdá kombinace tělesných cvičení s optimálním příjmem bílkovin.



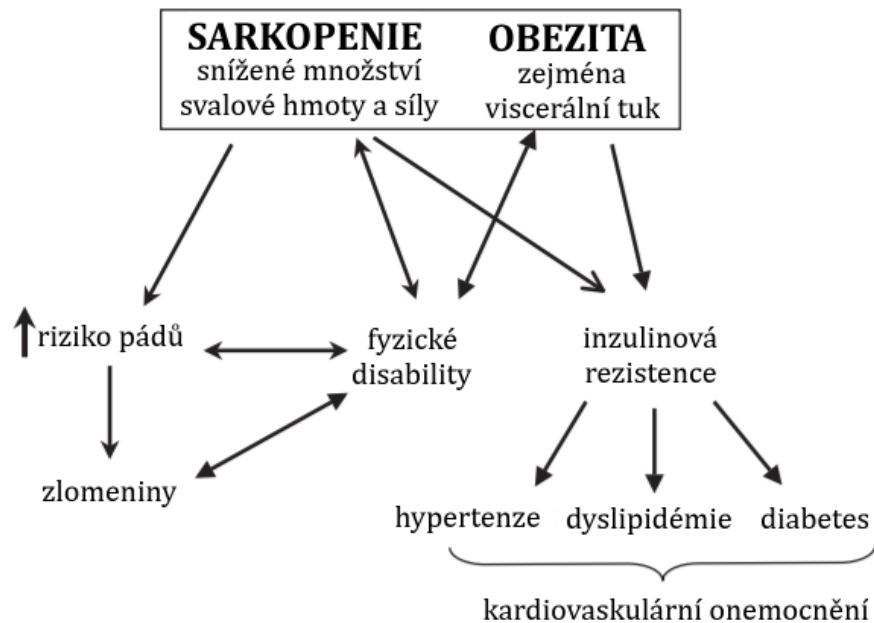
### 2.3.2 Sarkopenická obezita

Definice sarkopenické obezity (SO) v sobě zahrnuje diagnózu jak sarkopenie, tak i obezity. Stanovení SO sice vychází z kombinace těchto dvou faktorů, avšak stále nedošlo ke konsenzu, kterými kritérii se při její diagnostice řídit. Hodnoty BMI nejsou příliš relevantní z důvodu neschopnosti rozlišit tukovou a tukuprostou hmotu v těle. Proto se pro stanovení obezity nabízí využití FMI nebo procentuálního zastoupení tuku (Baumgartner, 2000). Baumgartner (2000) při výzkumu stanovil kritické hodnoty SO pro ASMI nižší než 2 směrodatné odchylky (SD) a zastoupení tělesného tuku vyšší než 27 % u mužů a 38 % u žen. Při užití této definice se prevalence SO zvyšuje s věkem u mužů i žen, kdy stoupá o 2 % u osob ve věku 60 a 69 let na přibližně 10 % u osob starších 80 let. Jinou interpretaci SO představili také Davison, Ford, Cogswell a Dietz (2002), kteří sarkopenii definovali u jedinců ve spodních dvou kvintilech a obezitu naopak v horních třech kvintilech. Je proto důležité dbát na výběr kritérií, jelikož jejich změna může vykazovat výrazné rozdíly v klasifikaci SO u stejných osob (Newman et al., 2003). Na původním základě Baumgartnera (2000) představil revidovaný koncept fenotypu tělesného složení také Prado et al. (2014). Ten vyčlenil konstituci tělesného složení do čtyř oblastí podle rozdílného množství svalové hmoty a adipozity (vysoká a nízká adipozita – HA a LA, vysoké a nízké množství svalové hmoty – HM a LM a jejich kombinace) (Obrázek 15). Kombinoval tyto složky podle procentuálního zastoupení do decilů (např. nízká adipozita: 0-49,99; vysoká adipozita: 50-100). Tímto způsobem lze získat kategorie podle zastoupení tukové a svalové hmoty v těle a takto navržené klasifikace mají za cíl operacionalizovat vysokou variabilitu fenotypů složení těla s přihlédnutím k individuálním rozdílům, jako jsou věk, pohlaví apod.



Obrázek 15. Fenotyp konstituce tělesného složení (upraveno dle Prado et al., 2014)

Klinické projevy SO se odráží v mnoha oblastech (Obrázek 16). Sebehodnocení mobility je úzce spojeno s nadváhou a obezitou a hodnoty BMI nepřímou souvisí s měřenou fyzickou výkonností, přičemž hodnoty BMI vyšší než 30 kg/m<sup>2</sup> jsou předpokladem sníženého funkčního stavu a budoucích komorbidit (Launer et al., 1994). Baumgartner (2000) zjistil, že u SO osob starších 60 let dochází k 8krát až 11krát vyššímu riziku spojení tří nebo více tělesných disabilit. Důležité je také zmínit souvislost s poruchou funkční kapacity, která je vyšší u SO osob než pouze u samotné obezity nebo sarkopenie. Obezita zhoršuje projevy sarkopenie, jelikož zvyšuje infiltraci tuků do svalů, snižuje fyzické funkce a zvyšuje riziko úmrtí (Barbat-Artigas et al., 2014; Kalinkovich & Livshits, 2017; Tian & Xu, 2016).



Obrázek 16. Možné důsledky sarkopenické obezity u seniorů (upraveno dle Zamboni, Mazzali, Fantin, Rossi, & Di Francesco, 2008)

## 2.4 Mikrobiom

Lidské tělo je tvořeno zhruba ze 30 trilionů tělních buněk, přičemž je osídleno dalším 100 trilionů buněk mikroskopických organismů, jako jsou bakterie, prvoci, viry nebo houby, které žijí v symbiotickém vztahu s lidským organismem. Jednoduše řečeno, na každou lidskou buňku připadá tři nebo více buněk cizích. Tato společenství souhrnně označujeme jako mikrobiom, jenž pokrývá povrch kůže, sliznic nebo různých tělních dutin, zatímco největší bohatství a biodiverzitu najdeme v trávicím traktu – střevech (Bäckhed et al., 2005). V posledních letech se tento střevní mikrobiom těší nevídanému zájmu vědců z celého světa, jelikož v sobě skrývá mnoho nepoznaného, a jelikož dosavadní výzkumy naznačují širokou spojitost s lidským zdravím.

Zdravý střevní mikrobiom, čítající mezi 1100 až 2000 druhů, sestává z bakterií koncentrovaných především v koncové části gastrointestinálního traktu (Neish, 2009). Změna počtu jedinců daného druhu v neprospěch druhů ostatních může zapříčinit změnu rovnováhy a vznik dysbiózy, která může být spojena s mnohými komplikacemi. Tuto nerovnováhu může zapříčiňovat řada faktorů, kde kromě výživy hrají roli také propustnost střevní stěny nebo změny v imunitním systému. Role imunitního systému a střevního mikrobiomu je pak vzájemná, jelikož střevní mikrobiom ovlivňuje funkce

imunitního systému, který je zodpovědný za obrannou reakci těla a odpověď na zánětlivé procesy. Záněty hrají významnou roli u nemocí souvisejících s vyšším věkem (Finlay & Finlay, 2020). Střevní mikrobiom u zdravých dospělých osob je charakterizován relativně nízkým bakteriálním počtem spadajících do 10 kmenů, přičemž zhruba 99 % spadá do kmenů *Bacteroidetes* a *Firmicutes* (zejm. s vysokým zastoupením druhů *Bacteriodes*, *Prevotella*, *Eubacterium*, *Alistipes*), a velkým množstvím druhů s relativně menší hojností, avšak významnou metabolickou aktivitou (např. *Clostridium*, *Anaerotruncus*, *Butyrivibrio*, *Faecalibacterium*, *Akkermansia*) (Huttenhower et al., 2012). Lze však spatřovat určité interindividuální rozdíly, na kterých se podílí genetické, environmentální a klinické faktory. Tyto faktory zahrnují např. geografickou oblast, stravu, životní styl, stárnutí a věk, onemocnění nebo užívání léků (Zhernakova et al., 2016).

Střevní mikrobiom, označován také jako střevní mikroflóra, nám pomáhá také produkovat vitaminy řady B nebo K<sub>2</sub>, jež jsou zodpovědné za zdravé kosti a cévy. Napomáhají také absorpci živin, jako jsou vápník a ostatní minerály, ze stravy. Narušená rovnováha může souviset se ztrátou kostní hmoty (osteoporózou), stejně jako se sníženou citlivostí u chodidel, která zapříčiňuje zvýšené riziko pádů a zlomenin (Haran & McCormick, 2021; Hubkova, 2018). Studie pak dokazují, že konzumace prebiotik a probiotik může významně zabránit ztrátám kostní denzity u postmenopauzálních žen a naopak zvýšit hustotu kostí i u jiných skupin osob (McCabe et al., 2015; Nilsson et al., 2018) nebo zlepšit sílu stisku u seniorů (Buigues et al., 2016), která je jedním z klíčových kritérií při diagnostice sarkopenie. Biodiverzita střevního mikrobiomu se mění s věkem (Sala et al., 2020), přičemž ve věku kolem tří let se střevní mikrobiom stabilizuje a zraje do své podoby, která zůstává v průběhu života relativně stejná (Badal et al., 2020; Huttenhower et al., 2012). Spojitost mikrobiomu nalézáme u dlouhověkosti a ve spojení s biologickým věkem (Badal et al., 2020; Kim & Jazwinski, 2018). Na prvotní osídlení mikrobiomem má také vliv typ porodu (Dominguez-Bello et al., 2016). Dysbióza byla pozorována u hospitalizovaných osob (Claesson et al., 2012), u osob s chronickým onemocněním (Santoro et al., 2018), ve spojitosti s geriatrickou křehkostí (Piggott & Tuddenham, 2020) a mnoho dalšími poruchami a onemocněními spojených nejen s gastrointestinální soustavou (např. diabetes, obezita, astma, Parkinsonova choroba, chronická onemocnění ledvin, Alzheimerova choroba aj.) (Haran & McCormick, 2021; Hubkova, 2018; Lynch & Pedersen, 2016). Je také prokázáno, že složení střevního mikrobiomu reflektuje zdravotní stav a že dokáže být prediktorem zdravého stárnutí (Wilmanski et al., 2021).

V tomto spojení lidského mikrobiomu se zdravím se tvoří úvahy o jeho vlivu i na svalový systém za vzniku osy střevní mikrobiom-svaly, a to zejména ve spojení se sarkopenií (Grosicki et al., 2018; Picca et al., 2018; Ticinesi et al., 2017). Dosavadní literatura podporuje hypotézy vlivu střevního mikrobiomu na klinický obraz sarkopenie (Cerdá et al., 2016; Clark & Mach, 2017). Jedním z hlavních důvodů je předpoklad vlivu účinku stravy na střevní mikrobiom jako i na vliv sarkopenie. Mikrobiom by mohl být pomyslnou fyziopatologickou křižovatkou mezi těmito elementy. Jisté mikrobiální taxony mohou mít relevantní roli při modelaci svalových struktur, jistých vlivů na svalový systém (Ticinesi et al., 2018) a při produkci důležitých mediátorů ovlivňujících absorpci živin hostitelského organismu. Je také zajímavé, že fekální mikrobiota by mohla být dalším z markerů na poli diagnostiky sarkopenie. Z tohoto i dalších důvodů je však potřeba dalších výzkumů na téma možných přímých vlivů mezi střevním mikrobiomem a sarkopenií (Ticinesi et al., 2017).

Většina důkazů pochází z průřezových studií (cross-sectional), takže není zcela jisté určit, zda mikrobiální dysbióza představuje příčinu, kofaktor nebo jednoduše důsledek daného onemocnění (Schmidt et al., 2018). Na základě proběhlých studií se však dá předpokládat jistou příčinnou vlastnost mikrobiomu, jelikož vyloučené látky těchto mikroorganismů a jejich metabolismu spolu se vzájemným poměrem a zastoupením daných mikrobiálních druhů ovlivňuje nejen biochemické dráhy v lidském těle, ale i samotný lidský metabolismus (Finlay & Finlay, 2020; Nagpal et al., 2014). Tyto výsledné akty pak ovlivňují funkce jednotlivých orgánů, jež mohou vyústit v již zmíněné zdravotní problémy.

## **2.5 Zdravé stárnutí**

Stárnutí je celosvětovou výzvou, jelikož se počet osob starších 60 let v populacích stále zvyšuje. V roce 2019 tyto osoby čítaly asi 1 miliardu, přičemž podíl se bude stále zvyšovat a odhady v roce 2030 jsou 1,4 miliardy a v roce 2050 zhruba 2,1 miliardy osob. Faktory ovlivňující zdraví ve stáří lze dělit na individuální (životní styl, změny spojené se stárnutím v organismu, genetika a onemocnění) a vnější (environmentální prostředí, bydlení, sociální zařízení, asistenční možnosti nebo možnosti transportu). WHO představila čtyři pilíře, které se snaží vytyčit možnosti, které mají zásadní vliv na zdravé stárnutí: změna způsobu myšlení o stárnutí a seniorech; vytvoření přátelského prostředí

pro stárnutí; podpora zdravotního systému a možností pro seniory; rozvoj systémů dlouhodobé péče (WHO, 2021a).

Zdravé stárnutí bývá také často označováno jako úspěšné stárnutí. Obě pak jsou předmětem kontinuálního bádání vědců snažících se popsat nejdůležitější faktory a příčiny úspěchu osob dožívajících se vysokého věku s minimálními projevy patologických jevů. Rowe a Kahn (1997) se pokusili definovat úspěšné stárnutí pomocí tří komponent: nízká pravděpodobnost onemocnění spojená s jeho důsledky, vysoká kognitivní a fyzická funkční kapacita a aktivní zapojení do života. Všechny pak v sobě skrývají další pododdíly rozvíjející základní charakteristiku. Dimenze charakteristiky problematických faktorů se pak liší od autora k autorovi, přičemž výsledky ovlivňuje také metoda užitá při snaze popsat faktory zdravého či úspěšného stárnutí. Je proto důležité chápat kontext zdravé stárnutí jako multidimenzionální systém (Zanjari et al., 2017).

Na pozdější chování v dospělosti a stáří má velký vliv výchova a prostředí. Proto musí být podpora zdravého a aktivního životního stylu podporována již v dětství. Tato investice v podobě nejen vzdělání má pak blahé účinky na míru zdraví, sociální participaci a integraci ve stáří. Zmíněné životní faktory se pak v průběhu života odrážejí v podmínkách zaměstnání, komunity, ale i školy. Primárním cílem by proto měla být osvěta a prevence, kterým je aktuálně v České republice věnováno málo prostoru. Podpora zdravotní gramotnosti s ohledem na upevňování zdraví, možná zdravotní rizika nebo onemocnění by měla být kontinuální ve všech věkových kategoriích. Výsledek se poté projevuje na celkovém zdravotním stavu obyvatelstva, který přispívá např. socioekonomickému statusu státu. Je proto v jeho zájmu vytvářet příhodné podmínky pro rozvoj preventivních programů, přenesení odpovědnosti na jednotlivce za svůj život a motivaci lidí k udržování zdravého životního stylu (Čeledová et al., 2016).

Pokud bychom se podívali lehce podrobněji na dimenze úspěšného stárnutí, mohli bychom je odlišit na pět kategorií:

- fyzické zdraví,
- psychologická „pohoda“,
- sociální aspekt,
- spiritualita a uvědomění,
- environmentální a ekonomické zajištění (Zanjari et al., 2017).

Ovlivnit podpůrně–pohybový aparát, který velmi úzce souvisí s dimenzí fyzického zdraví, lze velmi účinně pomocí pohybových aktivit a tělesných cvičení. Tyto skutečnosti představují základní veličinu pro adaptace organismu za účelem zlepšení fyziologického stavu a funkční kapacity organismu s ohledem nejen na sarkopenii. Cílená volba tréninkového programu a intervencí dokáže působit preventivně proti strukturálním a funkčním změnám v organismu (Kalvach, n.d.; Taylor & Johnson, 2008). Stručný návod popisující optimální životní styl starého člověka popsal Šipr (1997). Ten do něj komponuje všestrannou aktivitu podporující aktivní stáří nebo podporu sociálních aspektů života např. v podobě udržování kontaktů s jinými lidmi, jež předcházejí pocitu osamělosti a izolace spolu s prohloubením citové vazby se členy rodiny. Mezi další důležitý bod patří správné zásady racionální výživy spolu s péčí o vlastní zdraví, které může být mnohdy podceňováno a přisuzováno faktorům stárnutí. Neměla by se zanedbávat ani hygiena s osobní péčí. V neposlední řadě zmiňuje také působení na kognitivní stránku člověka, a to např. nabýváním nových vědomostí a znalostí.

### **3 Cíl práce**

#### **Hlavní cíl**

Hlavním cílem diplomové práce je popsat zdravotní ukazatele TS ve vztahu k obezitě a sarkopenii, s ohledem na věk a etnikum.

#### **Dílčí cíle**

1. Analyzovat a interpretovat výsledky zdravotních ukazatelů TS.
2. Stanovení a interpretace FFMI, FMI a v té souvislosti s ASMI.
3. Výsledky porovnat mezi věkovými kategoriemi.
4. Výsledky zpracovat s ohledem na etnikum.

#### **Výzkumné hypotézy**

H01: Polské a české ženy se neliší ve zdravotních ukazatelích TS vztahujících se k obezitě.

H02: Polské a české ženy se neliší ve zdravotních ukazatelích TS vztahujících se ke svalově-kosterní složce.

H03: Výskyt sarkopenie dle kritéria ASMI se nezvyšuje s věkem.

H04: Zastoupení ASM mezi českou a polskou populací není rozdílný.



## **4 Metodika**

### **4.1 Výzkumný soubor**

Výzkumný soubor tvořilo 1264 žen české a polské národnosti, přičemž průměrný věk souboru představoval  $68,01 \pm 6,55$  let. Rozmezí věku se pohybovalo od 60 do 96 let. Průměrná hodnota BMI činila  $27,8 \pm 4,8$  kg/m<sup>2</sup>. Soubor byl tvořen ženami navštěvující Univerzitu třetího věku (U3V) na Univerzitě Palackého v Olomouci a Akademia wychowania fizycznego Katowice, Uniwersytet trzeciego wieku – U3W, měření probíhalo na základě dobrovolnosti s uděleným souhlasem subjektů. Jedná se tak o výběrový soubor, který je charakterizován aktivním společenským životem spojeným se sebevzděláváním a vyšším množstvím pohybových aktivit. Etická komise Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci vydala souhlasné stanovisko (č. 20/2016). Všichni účastníci poskytli písemný informovaný souhlas, který byl v souladu s Helsinskou deklarácí.

### **4.2 Metody sběru dat – měření**

Měření probíhalo na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci v rozmezí let 2007–2017. Tělesná výška při bosých nohou byla měřena na nejbližší 0,1 cm pomocí P-375 přenosného antropometru (Trystom, Olomouc, Česká republika). Tělesná hmotnost (zaokrouhлено na 0,1 kg), stejně jako odhad tělesného složení byly získány pomocí multifrekvenčního bioelektrického analyzátoru InBody 720 (Biospace Co., Ltd.; Soul, Jižní Korea). Pro zajištění validních výsledků probíhalo samotné měření v souladu s doporučeními a pokyny výrobce. Všechny ženy byly požádány o zdržení konzumace potravin alespoň 4 hodiny před testem a o standardní pitný režim v předcházejícím dni.

InBody 720 při měření rezistence využívá frekvenci elektrického proudu v hodnotách 1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz v každém z pěti segmentů (pravá a levá paže, trup, pravá a levá dolní končetina). Reaktanci pak měří shodně v oblasti pěti segmentů na frekvencích 5, 50 a 250 kHz. Průchodem střídavého elektrického proudu je zajištěna kvalitní analýza okolních tkání. Samotné měření pak probíhá na základě styčných ploch těla s osmi hmatovými elektrodami umístěnými shodně na obou polovinách těla (2 pravá dolní končetina, 2 levá dolní končetina, 2 pravá horní končetina, 2 levá horní končetina),

přístroj tak označujeme jako tetrapolární. Styčná plocha u horních končetin je v místě úchytu dlaní a palce, u dolních končetin pak oblast paty a přední části chodidla.

Před samotným vyšetřením by se měřená osoba měla vyvarovat základních podmínek, které mohou jeho výsledek ovlivnit. Stejná pravidla platí i při opakovaném měření, u kterého je důležité zajištění stejných podmínek jako při měření předchozím. Výrobce uvádí následující:

- vyvarovat se cvičení nebo jiným pohybovým aktivitám,
- zůstat stát v poklidu asi 5 minut,
- nejíst, v opačném případě vyčkat 2 hodiny k vytrávení,
- nespřchovat se, nekoupat se a vynechat saunování,
- pokud možno, mělo by dojít k vymočení a vyprázdnění,
- u žen testování vynechat v období menstruačního cyklu.

Do vnějších podmínek ovlivňující výsledek měření spadá také vyšetřující osoba, která by měla být proškolená a řádně obeznámena s návodem obsluhy přístroje. Faktorem je pak také vnější teplota, která by se měla pohybovat v ideálním rozmezí 20-25 °C, přičemž měření by mělo probíhat v dopoledních hodinách, jelikož má v pozdních hodinách dne tělesná voda tendenci převažovat ve spodních oddílech těla. Před měřením jsou do programu přístroje zadány charakteristiky jako jméno, věk a pohlaví, výška a datum měření.

Výchozí polohou pro měření je stoj mírně rozkročný (Obrázek 17). K dosažení nejlepších výsledků je také doporučováno vyšetření provádět ve spodním prádle. Horní končetiny by měly být rovné, propnuté a s tělem by měly svírat zhruba úhel 15° tak, aby nedocházelo ke kontaktu. Spodní končetiny by měly být mírně rozkročeny, aby nedocházelo ke kontaktu v oblasti steh. Elektrody na rukojeti jsou svírány čtyřmi prsty zespoda a palec kryje horní část. Bosá chodidla jsou v kontaktu s dolními dvěma elektrodami.



Obrázek 17. Správný postoj osoby při měření (upraveno dle InBody, n.d.-b)

Při takto správném postoji a zajištění všech náležitostí dochází k zahájení měření, jehož trvání nepřesahuje 1 min.

Výsledek měření získá analýzu složení těla, která je založen na 4komponentovém modelu tělesného složení. Ten uvažuje tělesnou hmotnost jako součet celkové tělesné vody (TBW), bílkovin, minerálů a celkového tělesného tuku (BFM) (kapitola 2.2.1). Veškeré hodnoty jsou zaznamenány do výsledkového protokolu, který obsahuje podrobnější analýzu vztahenou k jednotlivým normám. V protokolu pak můžeme nalézt analýzu hmotnosti, svalové složky, tukové složky, analýzu obezity na základě BMI, procentuální složky tuku nebo poměru pasu k bokům (WHR – Waist-Hip Ratio). Dochází také k analýze jednotlivých segmentů těla založených na pěti pomyslných válcích (kapitola 2.2.2.1), zjištění otoku těla nebo nahromadění viscerálního tuku (InBody, n.d.-b).

### 4.3 Organizace sběru a zpracování dat

Soubor byl rozdělen na základě věkových kategorií a etnika do následujících skupin 60leté (60–69,99 let), 70leté (70–79,99 let) a 80leté (80 let a více) (Tabulka 3). Česká národnost byla označena číslicí 1, polská číslicí 2.

Tabulka 3. Charakteristika výzkumného souboru

	celkem (n)	česká (n)	polská (n)
celkem	1264	1030	234
60,00–69,99 let	846	707	139
70,00–79,99 let	330	271	59
80,00 let a více	88	52	36

*Vysvětlivky: n – počet probandů*

Pro analýzu naměřených dat byl použit program Microsoft Excel. Při statistickém zpracování a porovnávání výzkumného souboru byl využit program STATISTICA vs. 12. Popisné charakteristiky byly vyjádřeny jako průměrné hodnoty  $\pm$  se směrodatnými odchylkami (SD), vyjádřeny v intervalu spolehlivosti (CI) 95 %. Pro účely porovnání rozdílů mezi věkovými kategoriemi a etniky byl využit Mann-Whitneyův U Test, hladina statistické významnosti  $p = 0,05$ . Pro četnostní analýzu byla data zpracována prostřednictvím kontingenčních tabulek.

### 4.4 Sledované parametry

Při zpracování výsledků jsme sledovali tyto parametry:

- věk;
- tělesná hmotnost (kg);
- tělesná výška (cm);
- BMC – kostní minerály (kg);
- celkové množství minerálů (kg);
- celkové množství proteinů (kg);
- TBW – celková tělesná voda (l) včetně zastoupení ECW (l) a ICW (l);
- BFM – celkový tělesný tuk (kg) a jeho relativní zastoupení (%BF, %);

- FFM – tukuprostá hmota (kg);
- BCM – buněčná hmota (kg);
- SMM – kosterní svalstvo (kg);
- SMM – relativní zastoupení kosterní svalové hmoty (%);
- ASM – množství svalové hmoty na končetinách (kg);
- indexy:
  - FFMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
  - FMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
  - SMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
  - BCMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
  - ASMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

Hodnoty Appendicular Skeletal Muscle Mass (ASM) byly vypočítány jako součet hodnot měkké hmoty (LBM) jednotlivých končetin. Tento součet je také podporován skutečností dle Heymsfielda et al. (1990), že ASM se rovná ~75 % celkového množství kosterního svalstva (SMM).

#### 4.5 Diagnostická kritéria a výpočty

Ke stanovení diagnózy sarkopenie se využívá početných diagnostických vzorců a výpočtů indexů, přičemž každý z nich může mít jinou výpovědní hodnotu. Při její prevalenci je také potřeba respektovat specifika věkových kategorií, populací a rasových odlišností, jelikož lze mezi nimi spatřovat určité rozdíly v tělesné stavbě a složení při zastoupení tuku a tukuprosté hmoty (Takasaki et al., 2003; Wagner & Heyward, 2000), kostní denzity (Himes, 1988; Nam et al., 2013) spolu se zastoupením svalové tkáně (Ortiz et al., 1992) nebo množstvím tělesné vody (Chumlea et al., 2002). Z toho důvodu můžeme zmínit odlišnosti při stanovování diagnózy např. mezi pracovními skupinami pro sarkopenii v Evropě (EWGSOP2) a Asii (AWGSOP), jejichž kritické hodnoty ASMI jsou stanoveny na  $< 5,45 \text{ kg}/\text{m}^2$ , resp.  $< 5,70 \text{ kg}/\text{m}^2$  (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019). S tím také souvisí i jednotlivé přístupy definic sarkopenie dle různých autorů. Mezi prvními se objevil Baumgartner et al. (1998), který představil model výpočtu sarkopenie na základě ASMI s rozdělením sarkopenie kategorie I (hodnoty mezi -1 až -2

SD) a kategorie II (< 2 SD). Jiný přístup zvolili Janssen, Heymsfield, a Ross (2002), kteří vyjádřili sarkopenii na základě procentuálního zastoupení svalové hmoty v těle. Kategorizace sarkopenie je dle směrodatných odchylek totožná. Lze také zmínit hodnocení na základě FFMI, kdy se považují jako sarkopenické osoby pod 50. percentilem (Schutz et al., 2002). Na základě rešerše odborných publikací bude při hodnocení sarkopenie využito kritéria dle Mezinárodní pracovní skupiny pro sarkopenii (IWGS), která ji stanovuje při kritické hodnotě ASMI ( $ASM/výška^2$ ) < 5,67 kg/m<sup>2</sup> (Fielding et al., 2011). SMI se vypočítává jako  $SMM/výška^2$  a reflektuje relativní množství svalové hmoty vzhledem k tělesné výšce. Lze jej využít jako nástroj pro hodnocení rizika sarkopenie nebo jiných zdravotních rizik. Referenční hodnoty se liší od autora, záleží také na etniku a cíleném souboru. Kritické hodnoty se pohybují okolo hranice 5,45-5,7 kg/m<sup>2</sup> (Baumgartner, 2000; Fukuoka et al., 2019).

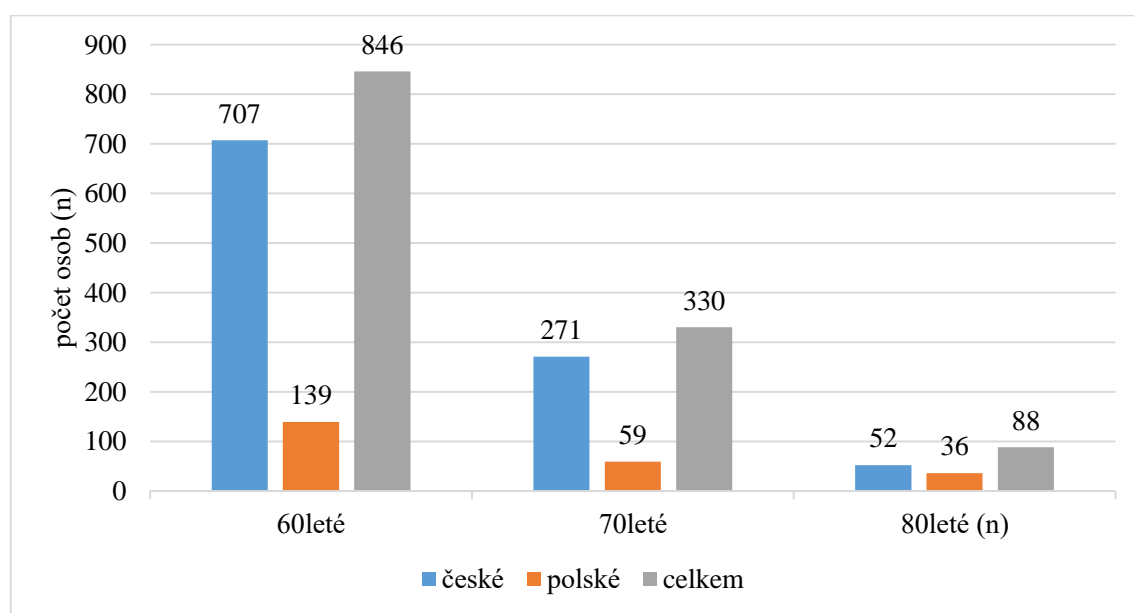
FFMI a FMI vykazují relativní množství vzhledem k výšce a jsou proto vhodnými nástroji při diagnostice zdravotních ukazatelů a predispozic. Jejich výpočet je  $FFM/výška^2$ , resp.  $BF/výška^2$  (kg/m<sup>2</sup>). Optimální hodnoty FFMI se pohybují v rozmezí 14,6-16,8 kg/m<sup>2</sup>, u FMI pak 3,9-8,3 kg/m<sup>2</sup> (Kyle et al., 2003; Schutz et al., 2002).

BCMI má lepší výpovědní hodnoty než BMI při hodnocení nutričního stavu. Reflektuje také celkový zdravotní stav a tělesnou zdatnost. Index se počítá jako  $BCM/výška^2$  (kg/m<sup>2</sup>). Referenční hodnoty pro zdravé pásmo jsou  $8,24 \pm 1,81$  kg/m<sup>2</sup> (Talluri, 1998).

## 5 Výsledky

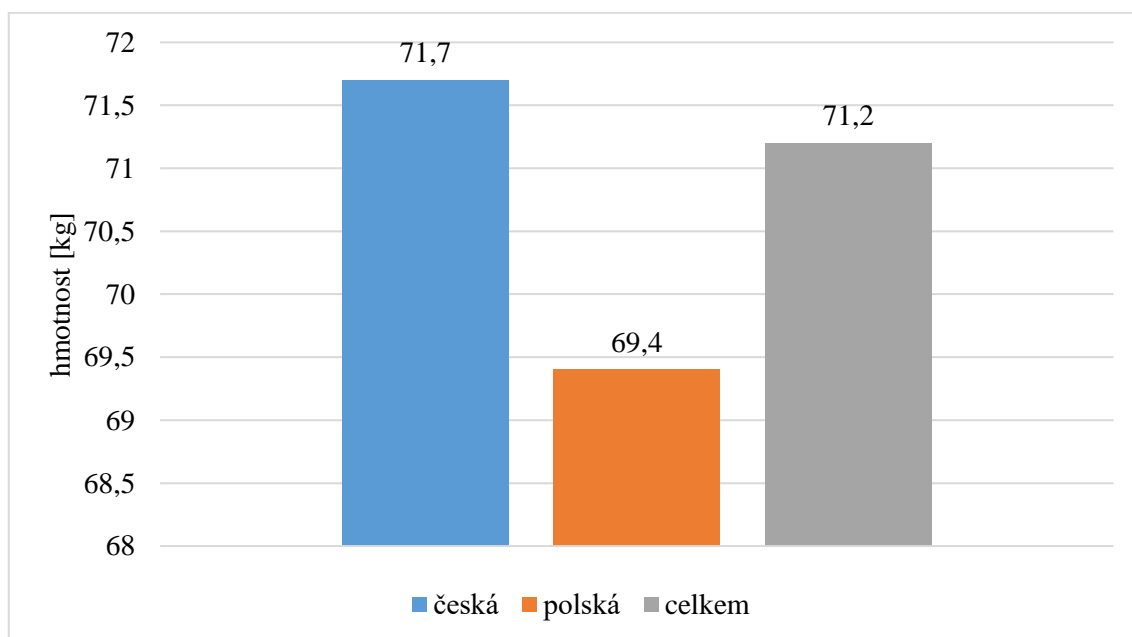
### Základní somatické parametry souborů

Průměrný věk celého výzkumného souboru představoval  $68,0 \pm 6,6$  let (95 % CI 67,64–68,37), s minimem 60 a maximem 96 let. Průměrný věk českého etnika činil  $67,6 \pm 6,0$  let, polské ženy byly v průměru o 2 roky starší  $70,0 \pm 8,2$  let. Soubor při procentuálním porovnání tvořilo 81,5 % českého a 18,5 % polského etnika. V součtu český soubor tvořil 55,9 % 60letých, 21,4 % 70letých a 4,1 % 80letých, polský soubor pak 60letých 11 %, 70letých 4,7 % a 80letých 2,9 % celkového souboru (Obrázek 18).



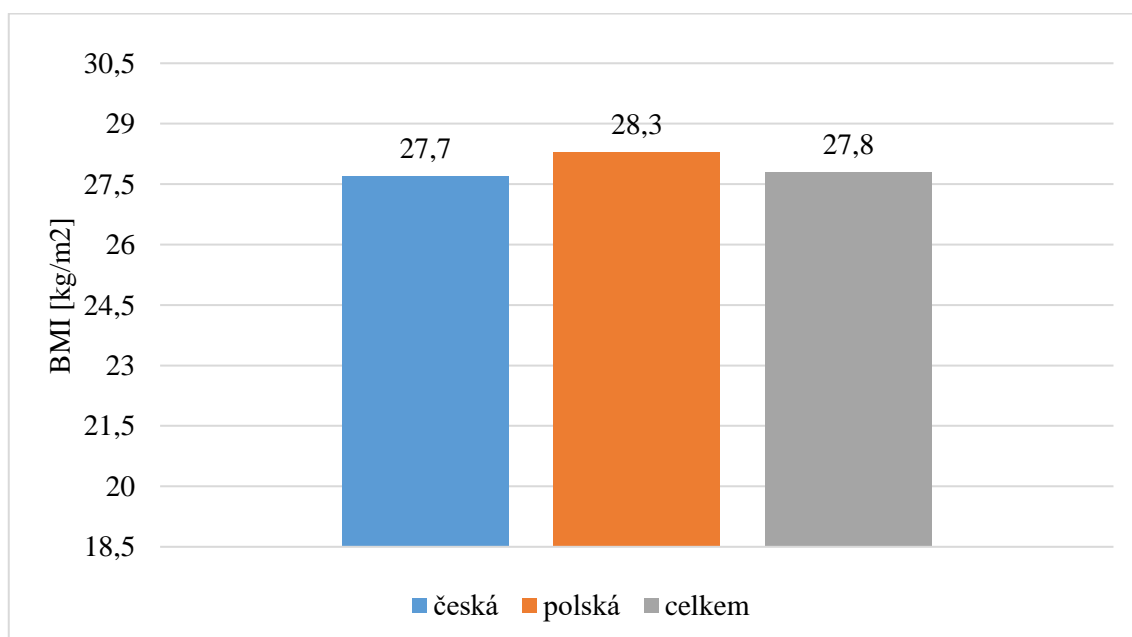
Obrázek 18. Počet osob ve věkových kategoriích na základě etnika

Průměrná tělesná výška sloučeného souboru činila  $160,1 \pm 6,5$  cm (95 % CI 159,7–160,5 cm) a průměrná tělesná hmotnost představovala  $71,2 \pm 12,7$  kg (95 % CI 70,5–71,9 kg) (Obrázek 19).



Obrázek 19. Průměrná tělesná hmotnost dle etnika

U českých žen nacházíme v průměru vyšší tělesnou výšku i hmotnost. Průměrný BMI dosahoval nižší hodnoty ve prospěch českých žen. Průměr hmotnostně-výškového indexu BMI sloučeného souboru byl  $27,8 \pm 4,8$  kg/m<sup>2</sup> (95 % CI 27,5–28,1 kg/m<sup>2</sup>) (Obrázek 20).

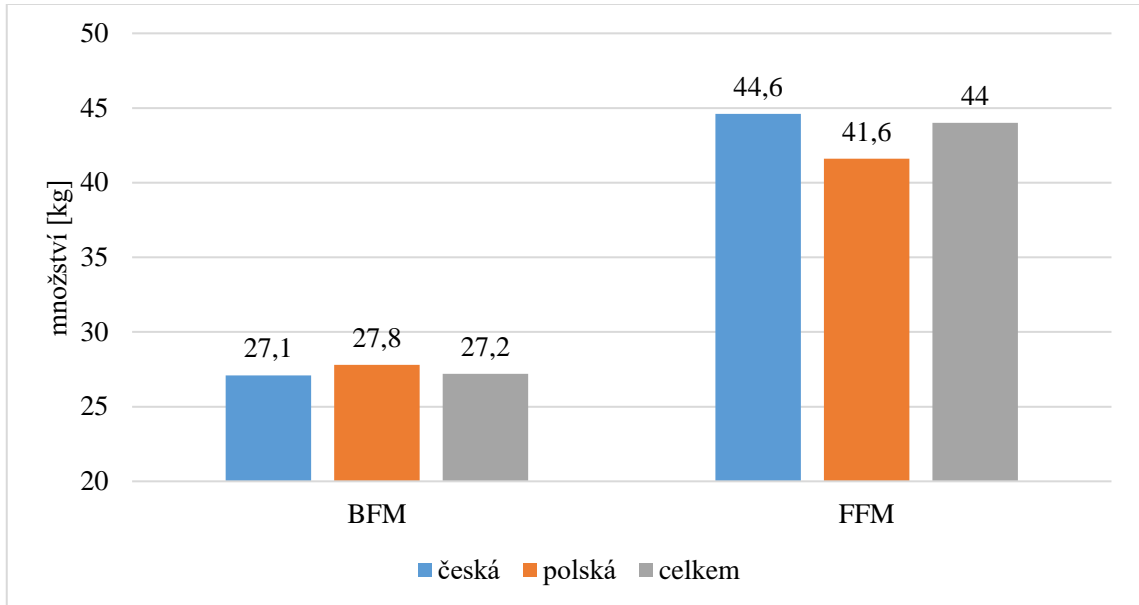


Obrázek 20. Průměrné hodnoty BMI dle etnika



## BFM a FFM

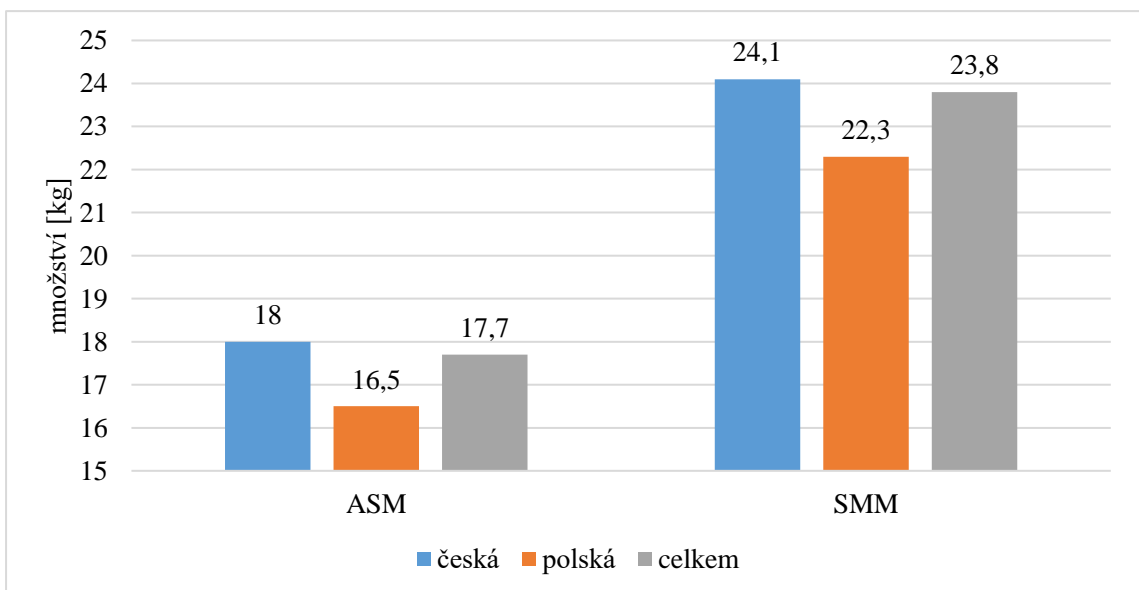
Tělesnou hmotnost lze frakcionovat na podíl tělesného tuku (BFM) a tukuprosté hmoty (FFM). Průměrné hodnoty tělesného tuku činily  $27,2 \pm 9,5$  kg (95 % CI 26,7–27,8 kg) a  $44,0 \pm 5,4$  kg (95 % CI 43,7–44,3 kg) tukuprosté hmoty (Obrázek 21).



Obrázek 21. Průměrné množství BFM a FFM dle etnika

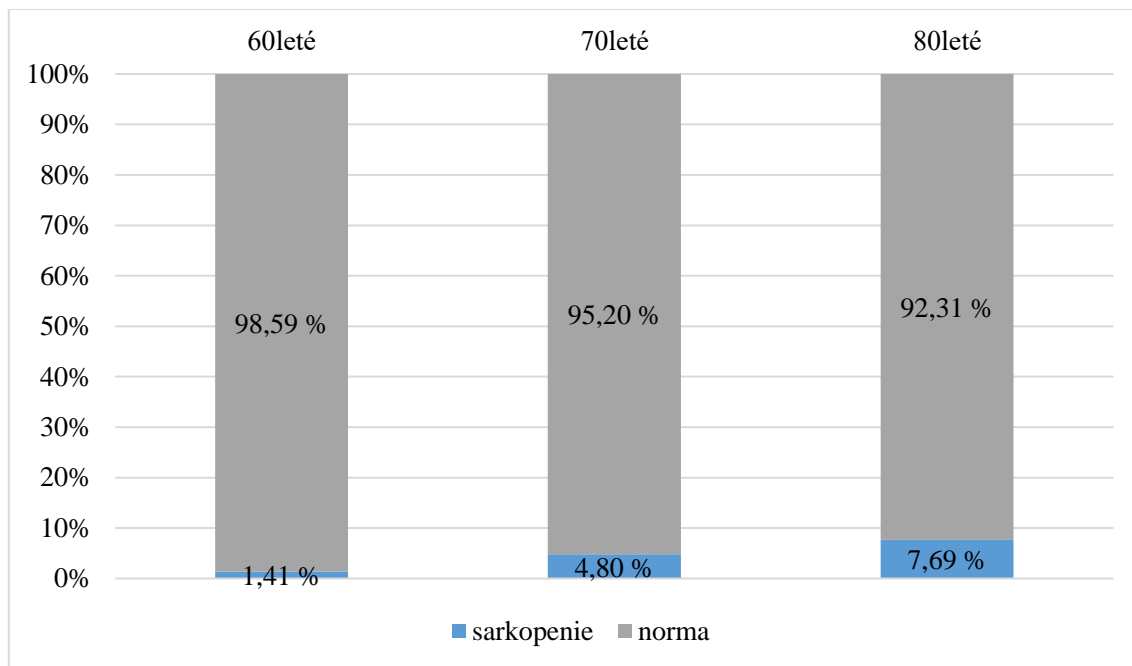
## Svalová hmota

Množství absolutní či relativní svalové hmoty je kritickým parametrem pro hodnocení sarkopenie. U sledovaného souboru byla zjištěna množství ASM  $17,7 \pm 2,8$  kg (95 % CI 17,6–17,9 kg) a SMM  $23,8 \pm 3,2$  kg (95 % CI 23,6–24,0 kg) (Obrázek 22).

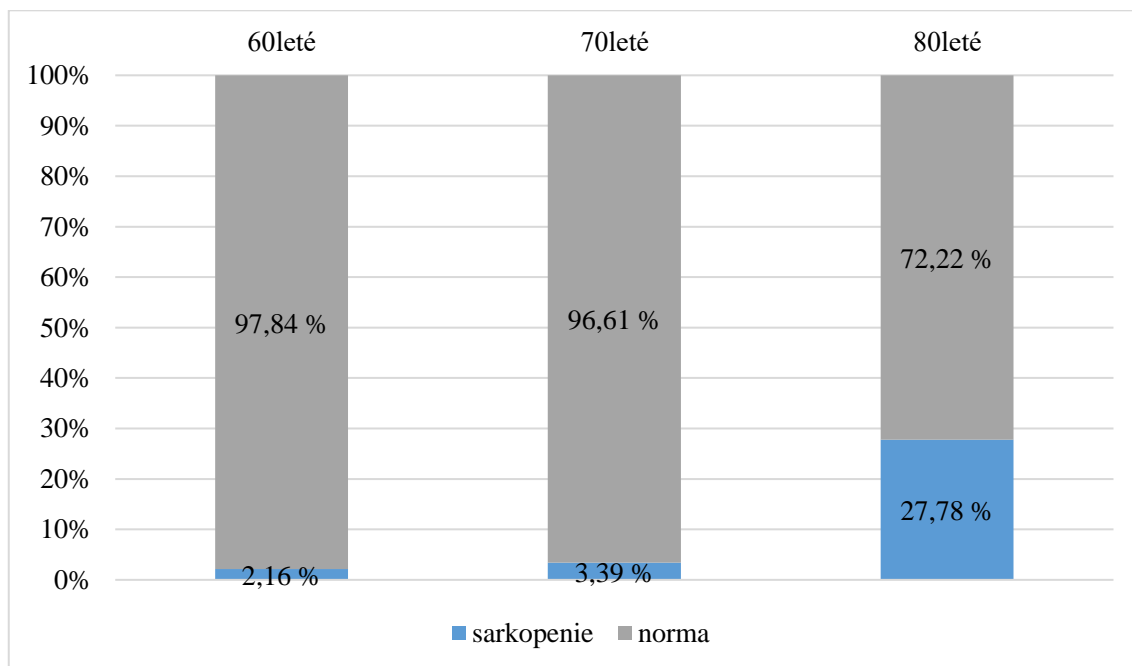


Obrázek 22. Průměrné množství ASM a SMM dle etnika

Výskyt sarkopenie byl stanoven, jestliže  $ASMI \leq 5,67 \text{ kg/m}^2$ . Zastoupení osob dle tohoto kritéria v českém etniku ilustruje obrázek 23, v polském pak obrázek 24. Tomuto kritériu konkrétně podléhá počet 3 žen 60letých, 2 žen 70letých a 10 žen 80letých polských, resp. 10, 13 a 4 českých žen.



Obrázek 23. Procentuální zastoupení výskytu sarkopenie u věkových kategorií českého etnika



Obrázek 24. Procentuální zastoupení výskytu sarkopenie u věkových kategorií polského etnika

Podrobné popisné charakteristiky sledovaných parametrů a výsledků rozdílů v závislosti na věkových kategoriích a etniku vykazuje Tabulka 4.

Tabulka 4. Popisné charakteristiky výzkumného souboru

Etnikum	české			polské		
	60leté (n = 707)	70leté (n = 271)	80leté (n = 88)	60leté (n = 139)	70leté (n = 59)	80leté (n = 36)
Proměnná						
průměr ± SD						
výška (cm) †	161,1 ± 6,0	159,5 ± 6,0	155,6 ± 6,1	158,2 ± 5,9	157,1 ± 6,2	150,3 ± 5,7
věk †	64,1 ± 2,7	73,6 ± 2,8	82,5 ± 2,7	64,7 ± 2,9	73,3 ± 2,8	85,7 ± 3,9
hmotnost (kg) †	72,0 ± 12,9	71,6 ± 12,7	67,3 ± 10,2	70,1 ± 11,8	69,8 ± 11,1	62,9 ± 12,3
BCM (kg) †	29,2 ± 3,4*	27,9 ± 3,5*	25,6 ± 3,1*	27,6 ± 3,0*	26,8 ± 2,9*	22,9 ± 3,0*
SMM (kg) †	24,6 ± 3,1	23,4 ± 3,2	21,4 ± 2,8	23,2 ± 2,7	22,4 ± 2,6	18,8 ± 2,7
BFM (kg)	26,8 ± 9,6	28,0 ± 9,7	26,9 ± 8,0	28,0 ± 9,3	27,9 ± 8,5	26,4 ± 9,1
BF (%) †	36,2 ± 7,2	38,1 ± 7,7	39,3 ± 7,5	38,6 ± 7,6	39,3 ± 6,5	40,1 ± 8,0
FFM (kg) †	45,2 ± 5,2*	43,6 ± 5,3*	40,4 ± 4,8*	42,8 ± 4,6*	41,9 ± 4,5*	36,5 ± 4,8*
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,5 ± 4,8	28,2 ± 4,8	27,8 ± 4,0	28,4 ± 4,8	28,3 ± 4,4	27,8 ± 4,9
TBW (l) †	33,2 ± 3,8*	32,1 ± 4,0*	29,7 ± 3,6*	31,5 ± 3,4*	30,8 ± 3,3*	27,0 ± 3,6*
ICW (l) †	20,3 ± 2,3*	19,5 ± 2,4*	17,9 ± 2,2*	19,3 ± 2,1*	18,7 ± 2,0*	15,9 ± 2,1*
ECW (l) †	12,9 ± 1,5*	12,6 ± 1,6*	11,8 ± 1,5*	12,2 ± 1,3*	12,0 ± 1,3*	11,0 ± 1,5*
BMC (kg) †	2,7 ± 0,3	2,6 ± 0,3	2,4 ± 0,3	2,5 ± 0,3	2,5 ± 0,3	2,2 ± 0,2
proteiny (kg) †	8,8 ± 1,0*	8,4 ± 1,1*	7,7 ± 0,9*	8,3 ± 0,9*	8,1 ± 0,9*	6,9 ± 0,9*
minerály (kg) †	3,2 ± 0,4*	3,1 ± 0,4*	2,9 ± 0,3*	3,0 ± 0,3*	3,0 ± 0,3*	2,6 ± 0,3*
ASM (kg) †	18,4 ± 2,6*	17,5 ± 2,8*	15,9 ± 2,7*	17,2 ± 2,3*	16,5 ± 2,3*	13,9 ± 2,9*
FFMI (kg/m <sup>2</sup> ) †	17,3 ± 1,5	17,1 ± 1,6	16,6 ± 1,3	17,1 ± 1,4	16,9 ± 1,3	16,1 ± 1,5
FMI (kg/m <sup>2</sup> ) †	10,3 ± 3,8*	11,0 ± 3,9	11,1 ± 3,4	11,3 ± 3,9*	11,4 ± 3,6	11,7 ± 4,0
SMI (kg/m <sup>2</sup> ) †	9,4 ± 1,2	9,2 ± 1,0	8,8 ± 0,8*	9,2 ± 0,8	9,1 ± 0,8	8,3 ± 0,8*
BCMI (kg/m <sup>2</sup> ) †	11,1 ± 1,0	11,0 ± 1,1	10,6 ± 0,8*	11,0 ± 0,9	10,9 ± 0,8	10,1 ± 0,9*
SMM (%) †	34,6 ± 3,9	33,2 ± 4,2	32,1 ± 4,0	33,2 ± 4,1	32,5 ± 3,6	30,4 ± 4,1
ASMI (kg/m <sup>2</sup> ) †	7,0 ± 0,7*	6,9 ± 0,9*	6,5 ± 0,7*	6,8 ± 0,7*	6,7 ± 0,7*	6,1 ± 1,0*

Vysvětlivky: n – počet osob, SD – směrodatný odchylka, BCM – Body Cell Mass, SMM – Skeletal Muscle Mass, BFM – Body Fat Mass, BF – Body Fat, FFM – Fat-free Mass, BMI – Body Mass Index, TBW – Total Body Water, ICW – Intracellular Water, ECW – Extracellular Water, BMC – kostní minerály ASM – Appendicular Skeletal

*Muscle Mass, FFMI – Fat-free Mass Index, FMI – Fat-mass Index, SMI – Skeletal Muscle Index, BCMI – Body Cell Mass Index, ASMI – Appendicular Muscle Mass Index*

‡ - *signifikantní rozdíly mezi etniky ( $p < 0,05$ )*

\* - *signifikantní rozdíly mezi věkovými kategoriemi napříč etniky ( $p < 0,05$ )*

Při porovnání průměrných hodnot vybraných parametrů TS u souborů dělených dle etnika byly zjištěny signifikantní difference (Příloha 1) u všech parametrů, kromě BFM (kg) a BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Polské ženy se jeví z pohledu zastoupení rizikových parametrů obezity, tedy BMI a množství tukové složky jako více rizikové.

### **H01**

Na základě výsledků můžeme zamítnout hypotézu H01, jelikož jsme mezi etniky zjistili signifikantní difference v ukazatelích TS ve vztahu k obezitě, jako jsou relativní množství tělesného tuku (%BF) a BFMI (Tabulka 4).

### **H02**

Zamítáme i hypotézu H02, jelikož se rozdíly ve zdravotních ukazatelích TS vztahujících ke svalově-kosterní složce signifikantně liší (SMM, proteiny, minerály, ASM, SMI, SMM, ASMI) (Tabulka 4).

### **H03**

Hypotézu H03 zamítáme, jelikož množství sarkopenických osob se s věkem zvyšuje (Příloha 2).

### **H04**

Zamítáme hypotézu H04 z důvodu signifikantní difference v zastoupení ASM mezi českým a polským etnikem (Tabulka 4).

## 6 Diskuse

Změny spojené se stářím lze jednoznačně identifikovat pomocí metod odhadu TS. Tyto často nevratné změny lze sledovat a následně aplikovat do různých modelů TS (buněčný, tkáňový, celotělový), jelikož je nacházíme na těchto konkrétních úrovních. Souhrnně lze konstatovat, že s přibývajícím věkem klesá kvalita a funkčnost lidského organismu, která je zapříčiňována četnými biochemickými, fyziologickými i patologickými procesy spojené zejména s životním stylem jedince, ale i s genetickým základem od rodičů spolu s vnějšími podmínkami prostředí.

Naše zjištěné výsledky jsou ve shodě s výzkumy Baumgartnera et al. (1998), Gáby a Přidalové (2014), Gua et al. (1999), Janssen, Heymsfielda a Wanga et al. (2000), jež dokládají skutečnost snižování množství jednotlivých komponent a frakcí složení těla s přibývajícím věkem. Nejvyšší průměrná tělesná výška byla zjištěna u českého ( $161,1 \pm 6,0$  cm) i polského ( $158,2 \pm 5,9$  cm) etnika v kategorii 60letých žen. S přibývajícím věkem se průměrné hodnoty snižují a nejnižší hodnoty jsou zastoupeny v kategoriích 80letých ( $155,6 \pm 6,1$  cm a  $150,3 \pm 5,7$  cm). Stejný trend snižování pozorujeme i tělesné hmotnosti. Kategorie 60letých činila  $72,0 \pm 12,9$  kg u českých a  $70,1 \pm 11,8$  u polských žen. Nejnižší hodnoty tělesné hmotnosti pak představují kategorie nejstarších 80letých žen, které vykazují  $67,3 \pm 10,2$  kg u českých, resp.  $62,9 \pm 12,3$  kg u polských žen. Zde jsme také zpozorovali signifikantní diferenci mezi etniky ( $p < 0,05$ ). Tyto zmíněné proměnné, stejně jako následující, mají společnou příčinu, kterou můžeme pozorovat v množství zastoupení vody v těle, která tvoří hlavní složku ze zhruba 50 % v období stáří a stále se snižuje s věkem (Malina, 1969; Schoeller, 1989).

V našem výzkumu jsme pozorovali snižování podílu jak TBW, tak i ICW. V poměrovém zastoupení byl úbytek ECW lehce nižší. U českého etnika 60letých činilo množství TBW  $33,2 \pm 3,8$  l, u polského se průměrná hodnota signifikantně lišila  $31,5 \pm 3,4$  l ( $p < 0,05$ ). Ve věkové kategorii 80letých pak došlo k úbytku na množství  $29,7 \pm 3,6$  l u českých žen a  $27,0 \pm 3,6$  l žen polských. Spolu se snižováním množství vody v těle je pak logické i snižování hodnot dílčích tělesných komponent jako jsou BCM, FFM nebo svaly, ale i jejich funkčnosti a jejich pracovní výkonnosti (Serra-Prat et al., 2019). Vztah lze pozorovat i mezi snižováním tělesné výšky a postupnou ztrátou vody v těle, kdy jedním z důvodů snížení vzrůstu je úbytek vodní složky v meziobratlových ploténkách (Galbusera et al., 2014).

Koncept buněčné hmoty (BCM), která obsahuje tkáň zapojené do energetického metabolismu a biochemických procesů v těle, se s věkem také snižuje. Zatímco u skupin 60letých žen českého etnika činil průměrně  $29,2 \pm 3,4$  kg, u žen 70letých to bylo již  $27,9 \pm 3,5$  kg a u 80letých dokonce  $25,6 \pm 3,1$  kg. Množství BCM u polského etnika pak představoval u skupiny 60letých  $27,6 \pm 3,0$  kg, u 70letých  $26,8 \pm 2,9$  kg a u 80letých  $22,9 \pm 3,0$  kg. Tento úbytek BCM s věkem koreluje se zjištěními Kyle et al. (2001) a Dittmar et al. (2001). Hodnoty BCM jsou silně provázány s dalšími složkami tělesného složení, mezi které patří FFM a svalová hmota, vyjádřená různými indexy a parametry. BCM a BCMI představují lepší prediktor podvýživy a malnutrice než monitorování změn pomocí BMI. Optimální hodnoty BCM se pohybují okolo 40 % tělesné hmotnosti, čemuž odpovídá i celkový průměr souboru. Naše výsledky nenasvědčují, že by ženy byly zasaženy malnutricí. BCMI vztažený k výšce pak reflektuje relativní zastoupení, které je u našeho souboru oproti doporučenému množství  $8,24 \pm 1,81$  kg/m<sup>2</sup> (Rondanelli et al., 2018; Talluri, 1998) vyšší ( $11,0 \pm 1,0$  kg/m<sup>2</sup>), což potvrzuje vyšší tělesnou zdatnost frekventantek U3V. Množství BCM se pak liší i v průměru mezi etniky, kde polské ženy vykazují úbytek asi o 5 % oproti doporučenému množství tělesné hmotnosti, kdežto české ženy jsou právě na optimální úrovni 40 % tělesné hmotnosti.

Na základě úbytku dílčích frakcí tělesného složení se proto jeví logickým i úbytek FFM. Naše zjištění tuto myšlenku potvrzují, jelikož průměrné hodnoty FFM klesly u 60leté kategorie českých žen ( $45,2 \pm 5,2$  kg) a polských žen ( $42,8 \pm 4,6$  kg) na hodnoty 80letých českých  $40,4 \pm 4,8$  kg a polských  $36,5 \pm 4,8$  kg. Stejný vzorec úbytku FFM je podporován i dalšími autory (Hughes et al., 2002; Kyle et al., 2001). Hlavní složkou FFM je svalová hmota, která spolu s tukovou tkání dokáže být výrazně ovlivněna zejména pohybovou aktivitou a stravovacími návyky (Pelclová et al., 2012; Riegerová et al., 2006).

Při frakcionaci tělesné hmotnosti na tukovou a tukuprostou složku, které jsou zároveň ovlivnitelné životním stylem, hrají tyto dvě komponenty důležitou roli jako možné ukazatele zdravotního stavu. Zdravotní rizika spojená s nadváhou a obezitou představují možné příčiny vzniku nejrůznějších typů civilizačních onemocnění včetně zvýšeného rizika úmrtí, na jejichž léčbu jsou v důsledku vynakládány nemalé finanční prostředky (Author, 2020; Kissebah et al., 1989; Stuckler et al., 2006; WHO, 2006). S celosvětovým trendem narůstající populace a jejím stárnutím je proto žádoucí utvářet zdravé a autonomní obyvatelstvo i ve vysokém věku, které je základem prosperující společnosti a státu.

Zatímco absolutní množství tukuprosté hmoty (FFM, kg) a relativní množství (FFMI, kg/m<sup>2</sup>) s věkem postupně klesá, stejně jako i hodnoty absolutního množství tělesného tuku (BFM; kg) klesají, procentuální zastoupení tukové hmoty (BF, %) v těle stejně jako relativní množství FMI (kg/m<sup>2</sup>) se s věkem zvyšuje. FMI 10,7 ± 3,8 kg/m<sup>2</sup> při hodnocení stupně obezity je při horní hranici optimálních hodnot pásma BMI, proto náš soubor ještě nepovažujeme za obézní, avšak při současném trendu nárůstu hodnot FMI dochází k postupné změně pásma do nadváhy (Schutz et al., 2002). Pokud bychom se však řídili BMI a jeho vztahu k hodnocení obezity, náš soubor by se pohyboval v pásmu nadváhy (27,8 ± 4,8 kg/m<sup>2</sup>). Výrazný podíl svalové hmoty se odráží i v množství proteinů v těle. Stejně jako množství svalové hmoty, tak i množství proteinů se s věkem snižuje. FFMI činil u českého etnika 60letých 17,3 ± 1,5 kg/m<sup>2</sup>, u 80letých již jen 16,6 ± 1,3 kg/m<sup>2</sup>. U polských žen pak hodnoty FFMI nabývaly hodnot 17,1 ± 1,4 kg/m<sup>2</sup>, resp. 16,1 ± 1,5 kg/m<sup>2</sup>. V neposlední řadě jsme zjistili signifikantní diferenci snížených hodnot polských žen v rámci etnických rozdílů mezi všemi parametry kromě BFM a BMI ( $p < 0,05$ ) (Tabulka 5). Můžeme uvažovat, že přístup k prevenci zdravotního vztahu je v českém prostředí na vyšší úrovni než v Polsku, a že informace o možných zdravotních rizicích spojených se zhoršenými somatickými parametry jsou mezi obyvatelstvem dostupnější. Neznámé rozdíly ve zmíněných parametrech BFM a BMI vysvětlujeme tím, že s věkem se zvyšuje absolutní zastoupení tukové složky v těle, přičemž nezanedbatelnou roli zde hraje i pohlaví. Po nástupu menopauzy se mění hormonální hladina, kdy se snižuje produkce hormonů estrogenu a progesteronu, které také zapříčiňují změny v tělesném složení. Postmenopauzální ženy mají zvýšené hodnoty tělesného tuku zejména v oblasti trupu (Davis et al., 2012; Toth et al., 2000). BMI nelze brát jako zcela vypovídající, jelikož jeho nereflektuje vnitřní složení těla a svalovou hmotu, nýbrž odráží pouhý vztah tělesné hmotnosti a tělesné výšky. Je to spíše informativní a popisný index, který však může orientačně upozorňovat na možná zdravotní rizika.

Hodnoty SMM u českého etnika 60letých činily 24,6 ± 3,1 kg, u 80letých to bylo jen 21,4 ± 2,8 kg. Polské 60leté ženy vykazovaly 23,2 ± 2,7 kg, zatímco 80leté jen 18,8 ± 2,7 kg. Rozdíl v množství proteinů při porovnání mezi etniky i věkovými kategoriemi byl rovněž signifikantní ( $p < 0,05$ ). U českých žen ve věkové kategorii 60letých činilo 8,8 ± 1,0 kg, u 70letých 8,4 ± 1,1 kg a u 80letých 7,7 ± 0,9 kg, u polských 60letých pak 8,3 ± 0,9 kg, 70letých 8,1 ± 0,9 kg a u 80letých jen 6,9 ± 0,9 kg. Stejný trend vykazují také hodnoty ASM, relativní množství svalové hmoty (%) i ASMI, na jehož základě byla

stanovena četnost žen zasažena kritériem diagnózy sarkopenie. Naše zjištění jsou ve shodě s výzkumem Janssena, Heymsfielda, Wanga et al. (2000), jelikož dochází k úbytku množství svalové hmoty v rozmezí 1,9-1,1 kg na dekádu. Při porovnání s kritériem SMI na hranici okolo 5,5 kg/m<sup>2</sup> nezjišťujeme rizika sarkopenie, je proto vhodnější využít diagnostiky pomocí jiných indexů, viz níže.

Sarkopenii chápeme jako úbytek množství nebo ztráty kvality svalů. I když je tato diagnóza již zakotvena v mezinárodní klasifikaci nemocí MKN-10, dochází při jejím popisu k různým nuancím, přestože jsou její příčiny kvalitně zdokumentovány (Cruz-Jentoft et al., 2019). Při rešerši literárních zdrojů jsme dospěli k možným úskalím. Mezi prvními je potřeba brát zřetel na specifika cílené skupiny, jelikož se objevují značné rozdíly mezi etniky a vlastnostmi věkových kategorií, které mohou vyústit v chybnou interpretaci výsledků. Pro názornost můžeme zmínit rozdílnost v přístupu klasifikace sarkopenie mezi EWGSOP a AWGSOP, které odráží rozdílné tělesné parametry na základě průměrných populačních norem mezi dílčími etniky. Jindy je velmi těžké se zorientovat při popisu jednotlivých frakcí svalové hmoty, u kterých je mnoho odlišných názvů, ačkoliv se jedná o stejné výpovědní hodnoty. Někdy se jedná o ASM, jindy o ASMM (Appendicular Skeletal Muscle Mass), nebo ALM (Appendicular Lean Body Mass) shodný s ALBM, dále jsou to relativní proměnné jako SMM shodné RSMM, SMI jako RSMMI (Relative Skeletal Muscle Mass). Lze také zmínit nejednoznačnost při definici sarkopenie. Někdy je charakterizována klinickými příznaky, jako jsou zvýšená rizika pádů, zhoršená architektura svalů, snížená svalová síla, jindy je definice zobecněna pouze na konstatování základních vlastností jako pouhého úbytku množství a kvality svalové hmoty. Proto se v poslední době zpřesňují dílčí kritéria a přistupuje se také k identifikaci presarkopenických projevů pomocí dotazníků. Rozdílnost lze také pozorovat při jejím zjišťování na základě vybraných indexů, které mohou rozšířit zásobník výpočetních formulí pro její klasifikaci. Je proto vhodné najít širší konsensus ve správné klasifikaci základních proměnných při determinaci sarkopenie.

Naše výsledky dle kritéria IWGS (Fielding et al., 2011), kdy je hodnocení sarkopenie založeno na množství ASMI < 5,67 kg/m<sup>2</sup>, vykázaly následující výsledky. Z celkového počtu 1264 žen se sarkopenicky jeví 42 z nich, podíl tvoří 27 českých a 15 polských. Zároveň se také podíl sarkopenických osob s věkem zvyšuje, kdy u 60letých je procentuálně zastoupena u 1,54 %, u 70letých 4,55 % a u 80letých již 15,91 %. Zjistili jsme také signifikantní rozdíly mezi jednotlivými etniky, a to horší hodnoty a vyšší výskyt sarkopenie ve prospěch polského etnika ( $p < 0,05$ ). Zatímco u českých žen je sarkopenií



postiženo 2,62 %, u polských je to již 6,41 %. Vyšší podíl polských žen podléhající sarkopenie také koreluje se zjištěním Krzysińska-Siemaszko et al. (2020). Zároveň se naše zjištění celkového souboru v zastoupení 3,32 % sarkopenických osob shoduje s výzkumem Kemmlera et al. (2016), který u německých seniorů zjistil zastoupení 3,3 % osob. Dílčí výsledky etnik se pak mírně liší (obrázek 23 a 24). K podobným výsledkům došel i Patil et al. (2013). Ten u finských seniorek zjistil zastoupení 2,7 % sarkopenie. Tento relativně nízký procentuální podíl sarkopenických osob lze vysvětlit výběrovým souborem ve složení osob navštěvující U3V. Jejich životní styl se může mírně lišit v porovnání s průměrnou populací, zejména pak ve společenském životě nebo v množství prováděných pohybových aktivit. Přesto se i u těchto frekventantek U3V objevují náznaky možného vzniku sarkopenie. Naproti tomu osoby umístěné v sociálních zařízeních pro seniory nebo pacienty vykazují mnohem vyšší sarkopenický výskyt (Intriago et al., 2020).

Při prevalenci sarkopenie je tedy důležité vycházet z výchozích aspektů zkoumaného souboru, respektovat jeho specifika a na tomto základě postavit i metodiku výzkumu. Můžeme konstatovat, že na výskyt sarkopenie má vliv životní styl nebo místo ubytování, a to zejména pak v období stáří, jako jsou např. zařízení služeb pro sociální péči nebo v nemocnicích.

## 7 Závěry

Analýza výsledků a statistického zpracování prokázala signifikantní rozdíly mezi věkovými kategoriemi i mezi etniky, českými a polskými ženami. Jedinými proměnnými, u kterých nebyly nalezeny signifikantní diference, byly u absolutního množství tuku (BF, kg) a BMI.

Absolutní hodnoty zdravotních ukazatelů TS se s přibývajícím věkem snižují, což dokládá fakt involučních změn v lidském organismu. Relativní a procentuální zastoupení tuku se pak zvyšuje v důsledku snižování tělesné hmotnosti a tukuprosté hmoty.

Polské ženy vykazují ve vztahu ke zdravotním ukazatelům TS vyšší riziko obezity vůči ženám českým, současně s nižším zastoupením všech složek vztahujících se ke svalové frakci. Jedná se o úroveň absolutního množství kosterní svaloviny (ASM, kg; SMM, kg) i jeho relativního zastoupení (SMM, %; SMI a ASMI, kg/m<sup>2</sup>).

Na základě kritéria ASMI jsme pak ve sloučeném souboru zjistili relativně nízké zastoupení sarkopenie, přičemž u polských žen oproti českým ženám byla nalezena opět vyšší četnost. Sarkopenie se také s věkem vyskytuje častěji.

Nejvyšší průměrné hodnoty jsme zaznamenali u obou etnik v kategorii nejmladších, 60letých žen. Nejhůře se z pohledu zastoupení jednotlivých tělesných složek jevíly 80leté ženy.

## 8 Souhrn

Diplomová práce v teoretické části objasňuje popis problematiky TS, spolu s jeho charakteristikami ve vztahu ke stárnutí. Popisuje jeho možné příčiny, teorie a dopady na složení těla. Představuje také základní popis a stručný souhrn jednotlivých modelů a metod odhadu tělesného složení, přičemž větší rozsah je věnován modelu bioelektrické impedanční analýzy z důvodu jejího praktického využití v praktické části. Pro tuto část byl využit multifrekvenční přístroj InBody 720. Východiskem pro cíl práce byl fenomén stárnutí a jeho vliv na změny ve složení těla.

Výzkumný soubor tvořilo 1264 žen českého a polského etnika. Jeho průměrný věk činil  $68,0 \pm 6,6$  let, přičemž skupina polských žen byla vůči skupině žen českých v průměru starší ( $70,0 \pm 8,2$  let vůči  $67,6 \pm 6,0$  let). Kromě kritéria etnika byl soubor rozdělen do následujících věkových kategorií: 60leté, 70leté a 80leté. Počet 60letých činil 707 českých a polských 139 žen, 70letých 271 českých a 59 polských žen, konečně pak 80letých 52 českých a 36 polských žen. Průměrná tělesná hmotnost polského etnika byla  $69,4 \pm 12$  kg při tělesné výšce  $156,7 \pm 6,5$  cm, zatímco u českých žen tělesná hmotnost činila  $71,7 \pm 12,8$  kg při tělesné výšce  $160,9 \pm 6,2$  cm.

Za nejvýznamnější zjištění lze označit fakt při porovnání průměrných hodnot mezi českým a polským etnikem, kde byly shledány signifikantní diference u všech proměnných ( $p < 0,05$ ) kromě parametrů BFM a BMI. Významná zjištění také představují signifikantní rozdíly při porovnání dílčích věkových kategorií a etnika. Tyto rozdíly byly výrazné při porovnání FFM, TBW (ICW + ECW), BMC, množství proteinů a minerálů, ASM a ASMI ( $p < 0,05$ ).

U obou etnik i u sloučeného souboru bylo pozorováno snižování množství tělesných frakcí, s výjimkou relativního zastoupení tělesného tuku (%BF) a FMI. U českých žen v kategorii 60letých činily hodnoty FFM  $45,2 \pm 5,2$  kg, TBW  $33,2 \pm 3,8$  l, proteinů  $8,8 \pm 1,0$  kg, minerálů  $3,2 \pm 0,4$  kg, ASM  $18,4 \pm 2,6$  kg a ASMI  $7,0 \pm 0,7$  kg/m<sup>2</sup>, zatímco v polské kategorii 60letých byly hodnoty FFM  $42,8 \pm 4,6$  kg, TBW  $31,5 \pm 3,4$  l, proteinů  $8,3 \pm 0,9$  kg, minerálů  $3,0 \pm 0,3$  kg, ASM  $17,2 \pm 2,3$  kg a ASMI  $6,7 \pm 0,7$  kg/m<sup>2</sup>. Naopak u 80leté kategorie českých žen došlo k signifikantnímu snížení průměrných hodnot u FFM na  $40,4 \pm 4,8$  kg, TBW  $29,7 \pm 3,6$  l, proteinů  $7,7 \pm 0,9$  kg, minerálů  $2,9 \pm 0,3$  kg, ASM  $15,9 \pm 2,7$  kg a ASMI  $6,5 \pm 0,7$  kg/m<sup>2</sup>. U polské kategorie 80letých žen došlo ke snížení průměrných hodnot u FFM  $36,5 \pm 4,8$  kg, TBW  $27,0 \pm 3,6$  l, proteinů  $6,9 \pm 0,9$  l,

minerálů  $2,6 \pm 0,3$  kg, ASM  $13,9 \pm 2,9$  kg a ASMI  $6,1 \pm 1,0$  kg/m<sup>2</sup>. Tyto rozdíly dokládají změny spojené se stárnutím.

Diagnóza sarkopenie byla hodnocena na základě kritéria ASMI  $< 5,67$  kg/m<sup>2</sup>. Tímto bylo sarkopenií zasaženo 3,3 % celkového souboru, přičemž vyšší zastoupení měly polské ženy (6,41 %) oproti ženám českým (2,62 %).

Podářilo se nám splnit všechny vytyčené cíle, které spočívaly v analýze a vyhodnocení výsledků, a to především ve vztahu k sarkopenii a obezitě. Na základě získaných dat jsme počítali vytyčené indexy FFMI a FMI spolu s ASMI jako kritérium pro hodnocení sarkopenie. Sarkopenie však není definována jen kritériem ASMI (ASM/výška<sup>2</sup>, kg/m<sup>2</sup>), v literatuře se objevují i jiné hodnotící indexy a formule, které mohou sloužit pro porovnání a zhodnocení této diagnózy.

Podářilo se nám doložit signifikantní rozdíly mezi etniky ve vztahu k obezitě a tím zamítnout hypotézu H01. Zároveň jsme zamítli i hypotézu H02 doložením statistiky významných rozdílů mezi etniky ve vztahu zdravotních ukazatelů tělesného složení orientovaných na svalově-kosterní složku.

Rovněž jsme zamítli hypotézu H03, jelikož se výskyt sarkopenie zvyšuje s věkem dle kritéria ASMI. Také hypotéza H04 byla zamítnuta, jelikož zastoupení ASM je mezi českými a polskými ženami v našem souboru statisticky významně rozdílná.

Diplomová práce dokládá rozdílnost mezi etniky ve zdravotních ukazatelích tělesného složení ve vztahu k obezitě i svalově-kosterní složce. Dále dokládá fakt, že se zvyšujícím věkem se zvyšuje četnost sarkopenických osob i v hodnocení zastoupení ASM, přičemž rozdíly můžeme pozorovat i u relativně podobných etnik dvou sousedních států.

## 9 Summary

The diploma thesis in its theoretical part clarifies the description and basis of body composition together with its characteristics in relation to ageing. It describes possible causes, theories and effects on body composition. It also presents a basic description and brief summary of concrete models and methods for estimating body composition, with a larger scope devoted to the model of bioelectrical impedance analysis due to its practical use in the practical part. The InBody 720 multifrequency device was used for this part. The starting point for the aim of the work was the phenomenon of aging and its influence on changes in body composition.

The research group consisted of 1264 women of Czech and Polish ethnicity. Its average age was  $68,0 \pm 6,6$  years, while the group of Polish women was on average older than the group of Czech women ( $70,0 \pm 8,2$  years versus  $67,6 \pm 6,0$  years). In addition to the ethnicity criterion, the sample was divided into the following age categories: 60-year-olds, 70-year-olds and 80-year-olds. The number of 60-year-olds was 707 Czech and 139 Polish women, 70-year-olds 271 Czech and 59 Polish women, and finally 80-year-olds 52 Czech and 36 Polish women. The average body weight of the Polish ethnic group was  $69,4 \pm 12$  kg at a body height of  $156,7 \pm 6,5$  cm, while in Czech women the body weight was  $71,7 \pm 12,8$  kg at a body height of  $160,9 \pm 6,2$  cm.

The most significant finding is the fact when comparing the average values between the Czech and Polish ethnic group, where significant differences were found for all variables ( $p < 0,05$ ) except for the parameters BFM and BMI. Significant findings also represent significant differences when comparing each ethnicity and age categories. These differences were significant when comparing FFM, TBW (ICW + ECW), BMC, protein and mineral amounts, ASM and ASMI ( $p < 0,05$ ).

A decrease in the amount of body fractions was observed in both ethnic groups and in the overall average of the whole group, with the exception of the relative proportion of body fat (%BF) and FMI. For Czech women in the 60-year-old category, the values of FFM were  $45,2 \pm 5,2$  kg, TBW  $33,2 \pm 3,8$  l, protein  $8,8 \pm 1,0$  kg, minerals  $3,2 \pm 0,4$  kg, ASM  $18,4 \pm 2,6$  kg and ASMI  $7,0 \pm 0,7$  kg/m<sup>2</sup>, while in the Polish category of 60-year-old the values of FFM were  $42,8 \pm 4,6$  kg, TBW  $31,5 \pm 3,4$  l, protein  $8,3 \pm 0,9$  kg, minerals  $3,0 \pm 0,3$  kg, ASM  $17,2 \pm 2,3$  kg and ASMI  $6,7 \pm 0,7$  kg/m<sup>2</sup>. On the contrary, in the 80-year-old category of Czech women there was a significant decrease in FFM overall values of  $40,4 \pm 4,8$  kg, TBW  $29,7 \pm 3,6$  l, proteins  $7,7 \pm 0,9$  kg, minerals  $2,9 \pm$

0.3 kg, ASM  $15.9 \pm 2.7$  kg and ASMI  $6.5 \pm 0.7$  kg/m<sup>2</sup>. FFM values of  $36.5 \pm 4.8$  kg, TBW  $27.0 \pm 3.6$  l, protein  $6.9 \pm 0.9$  l, minerals  $2.6 \pm 0.3$  kg, ASM were found in the Polish category of 80-year-old women.  $13.9 \pm 2.9$  kg and ASMI  $6.1 \pm 1.0$  kg/m<sup>2</sup>. These differences support the fact and demonstrate changes associated with aging.

The diagnosis of sarcopenia was assessed on the basis of the ASMI criterion  $< 5.67$  kg/m<sup>2</sup>. As a result, sarcopenia affected 3,3 % of the total group, with Polish women (6.41 %) having a higher proportion than Czech women (2.62 %).

We managed to meet all the set goals, which consisted in the analysis and evaluation of the results, especially in relation to sarcopenia and obesity. Based on the obtained data, we calculated the set FFMI and FMI indices together with ASMI as a criterion for the evaluation of sarcopenia. However, sarcopenia is not only defined by the ASMI criterion (ASM / height<sup>2</sup>, kg / m<sup>2</sup>), there are also other evaluation indices and formulas in the literature that can be used to compare and evaluate this diagnosis.

We were able to document significant differences between ethnic groups in relation to obesity and thus reject hypothesis H01. At the same time, we rejected the H02 hypothesis by documenting statistics on significant differences between ethnic groups in relation to health indicators of body composition oriented to the musculoskeletal component.

We also rejected the H03 hypothesis, as the incidence of sarcopenia increases with age according to the ASMI criterion. Hypothesis H04 was also rejected, as the representation of ASM is statistically significantly different between Czech and Polish women in our sample.

The diploma thesis demonstrates the difference between ethnic groups in health indicators of body composition in relation to obesity and the musculoskeletal component. It also proves the fact that with increasing age, the frequency of sarcopenic persons also increases in the evaluation of the representation of ASM, while differences can also be observed in relatively similar ethnic groups of two neighboring countries.

## 10 Referenční seznam

- Arvat, E., Broglio, F., & Ghigo, E. (2000). Insulin-like growth factor I. *Drugs & Aging*, *16*(1), 29–40. <https://doi.org/10.2165/00002512-200016010-00003>
- Austad, S. N., & Hoffman, J. M. (2018). Is antagonistic pleiotropy ubiquitous in aging biology? *Evolution, Medicine and Public Health*, *2018*(1), 287–294. <https://doi.org/10.1093/emph/eoy033>
- Author. (n.d.). *Normal ranges of body weight and body fat*. Retrieved 20. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://us.humankinetics.com/blogs/excerpt/normal-ranges-of-body-weight-and-body-fat>
- Author. (2020). *The health effects of overweight and obesity*. Retrieved 20. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://www.cdc.gov/healthyweight/effects/index.html>
- Bäckhed, F., Ley, R. E., Sonnenburg, J. L., Peterson, D. A., & Gordon, J. I. (2005). Host-bacterial mutualism in the Human intestine. *Science*, *307*(5717), 1915–1920. <https://doi.org/10.1126/science.1104816>
- Badal, V. D., Vaccariello, E. D., Murray, E. R., Yu, K. E., Knight, R., Jeste, D. V., & Nguyen, T. T. (2020). The gut microbiome, aging, and longevity: A systematic review. *Nutrients*, *12*(12), 3759–3784. <https://doi.org/10.3390/nu12123759>
- Barbat-Artigas, S., Pion, C. H., Leduc-Gaudet, J.-P., Rolland, Y., & Aubertin-Leheudre, M. (2014). Exploring the role of muscle mass, obesity, and age in the relationship between muscle quality and physical function. *Journal of the American Medical Directors Association*, *15*(4), 303.e13-303.e20. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.12.008>
- Baumgartner, R. N. (2000). Body composition in healthy aging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *904*(1), 437–448. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06498.x>
- Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1990). Bioelectric impedance for body composition. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *18*(1), 193–224. <https://doi.org/10.1249/00003677-199001000-00009>
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., Garry, P. J., & Lindeman, R. D. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *American Journal of Epidemiology*, *147*(8), 755–763. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009520>

- Beddoe, A. H. (1990). Some recent techniques in body composition assessment: Comparison with traditional methods. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, 15, 173–184. [http://apjcn.nhri.org.tw/server/apjcn/ProcNutSoc/1990-1999/1990/NSA 1990 173-184.pdf](http://apjcn.nhri.org.tw/server/apjcn/ProcNutSoc/1990-1999/1990/NSA%201990%20173-184.pdf)
- Behnke Jr., A. R., Feen, B. G., & Welham, W. C. (1942). The specific gravity of healthy men: Body weight ÷ volume as an index of obesity. *Journal of the American Medical Association*, 118(7), 495–498. <https://doi.org/10.1001/jama.1942.02830070001001>
- Bernaciková, M. (2012). *Fyziologie*. Brno: Masarykova univerzita. Retrieved 22. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/Cover.html>
- Bjorksten, J. (1968). The crosslinkage theory of aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, 16(4), 408–427. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1968.tb02821.x>
- Blagosklonny, M. V. (2013). Aging is not programmed: Genetic pseudo-program is a shadow of developmental growth. *Cell Cycle*, 12(24), 3736–3742. <https://doi.org/10.4161/cc.27188>
- Bláha, P., Susane, C., & Rebato, E. (2007). *Essentials of biological anthropology (selected chapters)*. Praha: Karolinum Press.
- Borrud, L. G., Flegal, K. M., Looker, A. C., Everhart, J. E., Harris, T. B., & Shepherd, J. A. (2010). Body composition data for individuals 8 years of age and older: U.S. population, 1999-2004. *Vital and Health Statistics. Series 11, Data from the National Health Survey*, 250, 1–87. Retrieved 10. 1. 2021 from the World Wide Web:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20812448/>
- Borst, S. E. (2004). Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age and Ageing*, 33(6), 548–555. <https://doi.org/10.1093/ageing/afh201>
- Bosnes, I., Nordahl, H. M., Stordal, E., Bosnes, O., Myklebust, T. Å., & Almkvist, O. (2019). Lifestyle predictors of successful aging: A 20-year prospective HUNT study. *PLoS ONE*, 14(7), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219200>
- Böttcher, Y., Körner, A., Kovacs, P., & Kiess, W. (2012). Obesity genes: Implication in childhood obesity. *Paediatrics and Child Health*, 22(1), 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.paed.2011.08.009>



- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T., & Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *110*, 113–140. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1963.tb17079.x>
- Buigues, C., Fernández-Garrido, J., Pruijboom, L., Hoogland, A. J., Navarro-Martínez, R., Martínez-Martínez, M., Verdejo, Y., Mascarós, M. C., Peris, C., & Cauli, O. (2016). Effect of a prebiotic formulation on frailty syndrome: A randomized, double-blind clinical Trial. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 17, Issue 6, pp. 932–944). <https://doi.org/10.3390/ijms17060932>
- Cederholm, T. (2015). Overlaps between frailty and sarcopenia definitions. *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*, *83*, 65–69. <https://doi.org/10.1159/000382063>
- Čeledová, L., Kalvach, Z., & Čevela, R. (2016). *Úvod do gerontologie*. Univerzita Karlova: Karolinum.
- Cerdá, B., Pérez, M., Pérez-Santiago, J. D., Tornero-Aguilera, J. F., González-Soltero, R., & Larrosa, M. (2016). Gut Microbiota Modification: Another piece in the puzzle of the benefits of physical exercise in health? *Frontiers in Physiology*, *7*(51), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00051>
- Cerri, A. P., Bellelli, G., Mazzone, A., Pittella, F., Landi, F., Zambon, A., & Annoni, G. (2015). Sarcopenia and malnutrition in acutely ill hospitalized elderly: Prevalence and outcomes. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, *34*(4), 745–751. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.08.015>
- Cevenini, E., Invidia, L., Lescai, F., Salvioli, S., Tieri, P., Castellani, G., & Franceschi, C. (2008). Human models of aging and longevity. *Expert Opinion on Biological Therapy*, *8*(9), 1393–1405. <https://doi.org/10.1517/14712598.8.9.1393>
- Chen, L.-K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T.-W., Chou, M.-Y., Iijima, K., Jang, H. C., Kang, L., Kim, M., Kim, S., Kojima, T., Kuzuya, M., Lee, J. S. W., Lee, S. Y., Lee, W.-J., Lee, Y., Liang, C.-K., Lim, J.-Y., Lim, W. S., ... Arai, H. (2020). Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, *21*(3), 300–307.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012>
- Chumlea, W. C., Guo, S. S., Kuczmarski, R. J., Flegal, K. M., Johnson, C. L., Heymsfield, S. B., Lukaski, H. C., Friedl, K., & Hubbard, V. S. (2002). Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *International Journal of Obesity*, *26*(12), 1596–1609. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802167>

- Claesson, M. J., Jeffery, I. B., Conde, S., Power, S. E., O'Connor, E. M., Cusack, S., Harris, H. M. B., Coakley, M., Lakshminarayanan, B., O'Sullivan, O., Fitzgerald, G. F., Deane, J., O'Connor, M., Harnedy, N., O'Connor, K., O'Mahony, D., van Sinderen, D., Wallace, M., Brennan, L., ... O'Toole, P. W. (2012). Gut microbiota composition correlates with diet and health in the elderly. *Nature*, *488*(7410), 178–184. <https://doi.org/10.1038/nature11319>
- Clark, A., & Mach, N. (2017). The crosstalk between the gut microbiota and mitochondria during exercise. *Frontiers in Physiology*, *8*(319), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00319>
- Colloca, G., Di Capua, B., Bellieni, A., Fusco, D., Ciciarello, F., Tagliaferri, L., Valentini, V., & Balducci, L. (2020). Biological and functional biomarkers of aging: Definition, characteristics, and how they can impact everyday cancer treatment. *Current Oncology Reports*, *22*(11). <https://doi.org/10.1007/s11912-020-00977-w>
- Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., Bautmans, I., Baeyens, J. P., Cesari, M., ... Schols, J. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, *48*(1), 16–31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
- da Costa, J. P., Vitorino, R., Silva, G. M., Vogel, C., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2016). A synopsis on aging—Theories, mechanisms and future prospects. *Ageing Research Reviews*, *29*, 90–112. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2016.06.005>
- Davis, S. R., Castelo-Branco, C., Chedraui, P., Lumsden, M. A., Nappi, R. E., Shah, D., & Villaseca, P. (2012). Understanding weight gain at menopause. *Climacteric*, *15*(5), 419–429. <https://doi.org/10.3109/13697137.2012.707385>
- Davison, K. K., Ford, E. S., Cogswell, M. E., & Dietz, W. H. (2002). Percentage of body fat and body mass index are associated with mobility limitations in people aged 70 and older from NHANES III. *Journal of the American Geriatrics Society*, *50*(11), 1802–1809. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50508.x>
- DePolo, J. (2019). *Older biological age compared to chronological age linked to increased breast cancer risk*. Retrieved 11. 2. 2021 from the World Wide Web:<https://www.breastcancer.org/research-news/biological-vs-chronological-age-and-risk>

- Deutz, N. E. P., Bauer, J. M., Barazzoni, R., Biolo, G., Boirie, Y., Bosy-Westphal, A., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A., Krznarić, Z., Nair, K. S., Singer, P., Teta, D., Tipton, K., & Calder, P. C. (2014). Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: Recommendations from the ESPEN expert group. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 33(6), 929–936. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2014.04.007>
- Dittmar, M., Reber, H., & Hofman, G. (2001). Age related decline in body cell mass in elderly men and women, determined by a noninvasive nuclear technique: Effects of physical activity and dietary potassium intake. *American Journal of Human Biology*, 13(2), 204–211. [https://doi.org/10.1002/1520-6300\(200102/03\)13:2<204::AID-AJHB1030>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/1520-6300(200102/03)13:2<204::AID-AJHB1030>3.0.CO;2-3)
- Dominguez-Bello, M. G., De Jesus-Laboy, K. M., Shen, N., Cox, L. M., Amir, A., Gonzalez, A., Bokulich, N. A., Song, S. J., Hoashi, M., Rivera-Vinas, J. I., Mendez, K., Knight, R., & Clemente, J. C. (2016). Partial restoration of the microbiota of cesarean-born infants via vaginal microbial transfer. *Nature Medicine*, 22(3), 250–253. <https://doi.org/10.1038/nm.4039>
- Donini, L. M., Busetto, L., Bauer, J. M., Bischoff, S., Boirie, Y., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A. J., Dicker, D., Frühbeck, G., Giustina, A., Gonzalez, M. C., Han, H. S., Heymsfield, S. B., Higashiguchi, T., Laviano, A., Lenzi, A., Parrinello, E., Poggiogalle, E., Prado, C. M., ... Barazzoni, R. (2020). Critical appraisal of definitions and diagnostic criteria for sarcopenic obesity based on a systematic review. *Clinical Nutrition*, 39(8), 2368–2388. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.11.024>
- Effros, R. B. (2005). Roy Walfrod and the immunologic theory of aging. *Immunity & Ageing*, 2(7). <https://doi.org/10.1186/1742-4933-2-7>
- Felson, D. T., Zhang, Y., Hannan, M. T., & Anderson, J. J. (1993). Effects of weight and body mass index on bone mineral density in men and women: The framingham study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 8(5), 567–573. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650080507>
- Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. D., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., Roberts, S. B., Kehayias, J. J., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *New England Journal of Medicine*, 330(25), 1769–1775. <https://doi.org/10.1056/NEJM199406233302501>

- Fielding, R. A., Vellas, B., Evans, W. J., Bhasin, S., Morley, J. E., Newman, A. B., Abellan van Kan, G., Andrieu, S., Bauer, J., Breuille, D., Cederholm, T., Chandler, J., De Meynard, C., Donini, L., Harris, T., Kannt, A., Keime Guibert, F., Onder, G., Papanicolaou, D., ... Zamboni, M. (2011). Sarcopenia: An undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: Prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(4), 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2011.01.003>
- Finlay, B. B., & Finlay, J. M. (2020). *Mikrobiom lidského těla: jak spolupracovat s mikroby v prostředí a žít déle a zdravěji*. Stanislav Juhaňák - Triton.
- Franklin, R. M., Ploutz-Snyder, L., & Kanaley, J. A. (2009). Longitudinal changes in abdominal fat distribution with menopause. *Metabolism - Clinical and Experimental*, 58(3), 311–315. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2008.09.030>
- Fukuoka, Y., Narita, T., Fujita, H., Morii, T., Sato, T., Sassa, M. H., & Yamada, Y. (2019). Importance of physical evaluation using skeletal muscle mass index and body fat percentage to prevent sarcopenia in elderly Japanese diabetes patients. *Journal of Diabetes Investigation*, 10(2), 322–330. <https://doi.org/10.1111/jdi.12908>
- Gába, A., & Přidalová, M. (2014). Age-related changes in body composition in a sample of Czech women aged 18-89 years: A cross-sectional study. *European Journal of Nutrition*, 53(1), 167–176. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0514-x>
- Gabalec, F., & Čáp, J. (2015). Endokrinologie stárnutí – krátký přehled. *Kardiologická Revue - Interní Medicína*, 17(2), 181–183. <https://www.kardiologickarevue.cz/casopisy/kardiologicka-revue/2015-2/endokrinologie-starnuti-kratky-prehled-52123/download?hl=cs>
- Galbusera, F., Rijsbergen, M., Ito, K., Huyghe, J., Brayda-Bruno, M., & Wilke, H.-J. (2014). Ageing and degenerative changes of the intervertebral disc and their impact on spinal flexibility. *European Spine Journal*, 23, 324–332. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3203-4>
- Goldsmith, T. C. (2014). Modern evolutionary mechanics theories and resolving the programmed/non-programmed aging controversy. *Biochemistry (Moscow)*, 79(10), 1049–1055. <https://doi.org/10.1134/S000629791410006X>

- González Jiménez, E. (2013). Body composition: Assessment and clinical value. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*, 60(2), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.endoen.2012.04.015>
- Graf, C. E., Herrmann, F. R., Spoerri, A., Makhoulouf, A. M., Sørensen, T. I. A., Ho, S., Karsegard, V. L., & Genton, L. (2016). Impact of body composition changes on risk of all-cause mortality in older adults. *Clinical Nutrition*, 35(6), 1499–1505. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.04.003>
- Grosicki, G. J., Fielding, R. A., & Lustgarten, M. S. (2018). Gut microbiota contribute to age-related changes in skeletal muscle size, composition, and function: Biological basis for a gut-muscle axis. *Calcified Tissue International*, 102(4), 433–442. <https://doi.org/10.1007/s00223-017-0345-5>
- 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), 405–411. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.405>
- Haran, J. P., & McCormick, B. A. (2021). Aging, frailty, and the microbiome — how dysbiosis influences human aging and disease. *Gastroenterology*, 160(2), 507–523. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.09.060>
- Harman, D. (1993). Free radical involvement in aging. *Drugs & Aging*, 3, 60–80. <https://doi.org/10.2165/00002512-199303010-00006>
- Heitmann, B. L., Erikson, H., Ellsinger, B. M., Mikkelsen, K. L., & Larsson, B. (2000). Mortality associated with body fat, fat-free mass and body mass index among 60-year-old Swedish men - A 22-year follow-up. The study of men born in 1913. *International Journal of Obesity*, 24(1), 33–37. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801082>
- Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (1997). Human body composition: Advances in models and methods. *Annual Review of Nutrition*, 17, 527–558. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.17.1.527>
- Heyward, V. (2002). Asep methods recommendation: Body composition assessment. *Journal of Exercise Physiology Online*, 4(4), 1–12. Retrieved 19. 12. 2020 from the World Wide Web: <https://www.asep.org/asep/asep/HeywardFinal.pdf>
- Himes, J. H. (1988). Racial variation in physique and body composition. *Canadian Journal of Sport Sciences = Journal Canadien Des Sciences Du Sport*, 13(2), 117–126. Retrieved 18. 12. 2020 from the World Wide Web: <http://europepmc.org/abstract/MED/3293730>

- Hoffer, E. C., Meador, C. K., & Simpson, D. C. (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of Applied Physiology*, 27(4), 531–534. <https://doi.org/10.1152/jappl.1969.27.4.531>
- Holmerová, I., Jurášková, B., & Zikmundová, K. (2007). *Vybrané kapitoly z gerontologie* (3rd ed.). EV public relations. Retrieved 15. 12. 2020 from the World Wide Web: <http://www.geriatrie.cz/dokumenty/VybrKapZGerontologie.pdf>
- Hooper, L., Bunn, D., Jimoh, F. O., & Fairweather-Tait, S. J. (2014). Water-loss dehydration and aging. *Mechanisms of Ageing and Development*, 136–137, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2013.11.009>
- Hu, H. H., Chen, J., & Shen, W. (2016). Segmentation and quantification of adipose tissue by magnetic resonance imaging. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, 29(2), 259–276. <https://doi.org/10.1007/s10334-015-0498-z>
- Hubkova, T. (2018). A healthy microbiome equals healthy aging. *The Journal on Active Aging*, 17(5), 22–29. Retrieved 28. 1. 2021 from the World Wide Web: [https://www.icaa.cc/store\\_detail.php?id=6562](https://www.icaa.cc/store_detail.php?id=6562)
- Hughes, V. A., Frontera, W. R., Roubenoff, R., Evans, W. J., & Fiatarone Singh, M. A. (2002). Longitudinal changes in body composition in older men and women: Role of body weight change and physical activity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76(2), 473–481. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.2.473>
- Huttenhower, C., Gevers, D., Knight, R., Abubucker, S., Badger, J. H., Chinwalla, A. T., Creasy, H. H., Earl, A. M., FitzGerald, M. G., Fulton, R. S., Giglio, M. G., Hallsworth-Pepin, K., Lobos, E. A., Madupu, R., Magrini, V., Martin, J. C., Mitreva, M., Muzny, D. M., Sodergren, E. J., ... Consortium, T. H. M. P. (2012). Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature*, 486(7402), 207–214. <https://doi.org/10.1038/nature11234>
- InBody. (n.d.-a). *Co je analýza složení těla*. Retrieved 15. 12. 2020 from the World Wide Web: <https://www.inbody.cz/dokumenty/co-je-analyza-lidskeho-tela.pdf>
- InBody. (n.d.-b). *InBody 720. Precision in body composition analysis. User's manual*. Retrieved 15. 12. 2020 from the World Wide Web: [http://inbody.com/\\_admin/uploads/GLOBAL/InBody720Nawi\\_CDmanual\\_Eng\\_A.pdf](http://inbody.com/_admin/uploads/GLOBAL/InBody720Nawi_CDmanual_Eng_A.pdf)
- InBody. (2020). *InBody technology*. Retrieved 14. 12. 2020 from the World Wide Web: <https://inbodyusa.com/general/technology/>

- Intriago, M., Maldonado, G., Guerrero, R., Messina, O. D., & Rios, C. (2020). Bone mass loss and sarcopenia in Ecuadorian patients. *Journal of Aging Research*, 2020, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2020/1072675>
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (2000). Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *Journal of Applied Physiology*, 89(2), 465–471. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.2.465>
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., & Ross, R. (2002). Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(5), 889–896. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x>
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 81–88. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.81>
- Jylhävä, J., Pedersen, N. L., & Hägg, S. (2017). Biological age predictors. *EBioMedicine*, 21, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2017.03.046>
- Kalinkovich, A., & Livshits, G. (2017). Sarcopenic obesity or obese sarcopenia: A cross talk between age-associated adipose tissue and skeletal muscle inflammation as a main mechanism of the pathogenesis. *Ageing Research Reviews*, 35, 200–221. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2016.09.008>
- Kalvach, Z. (n.d.). *Dlouhověkost a podpora zdraví ve stáří*. Retrieved 11. 1. 2010 from the World Wide Web: <https://www.ipvz.cz/seznam-souboru/744-st-dr-kalvach-dlouhovestkost.pdf>
- Kalvach, Z., & Holmerová, I. (2008). Geriatrická křehkost - významný klinický fenomén. *Med. Pro Praxi*, 5(2), 66–69. Retrieved 29. 12. 2020 from the World Wide Web: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2008/02/05.pdf>
- Kalvach, Z., & Mikeš, Z. (2004). Gerontologie. In Z. Kalvach, Z. Zadák, R. Jiráček, H. Zavázalová, & P. Sucharda (Eds.), *Geriatric a gerontologie* (pp. 90–112). Praha: Grada Publishing. Retrieved 15. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://www.bookport.cz/e-kniha/geriatric-a-gerontologie-294530/>
- Kalvach, Z., Zadák, Z., Jiráček, R., Zavázalová, H., & Sucharda, P. (2004). *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada Publishing. Retrieved 15. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://www.bookport.cz/e-kniha/geriatric-a-gerontologie-394154/>
- Kaushik, S., & Cuervo, A. M. (2015). Proteostasis and aging. *Nature Medicine*, 21(12), 1406–1415. <https://doi.org/10.1038/nm.4001>

- Kemmler, W., von Stengel, S., Engelke, K., Sieber, C., & Freiburger, E. (2016). Prevalence of sarcopenic obesity in Germany using established definitions. *Osteoporosis International*, 27(1), 275–281. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3303-y>
- Kim, S., & Jazwinski, M. S. (2018). The gut microbiota and healthy aging. *Gerontology*, 64(6), 513–520. <https://doi.org/10.1159/000490615>.The
- Kissebah, A. H., Freedman, D. S., & Peiris, A. N. (1989). Health risks of obesity. *Medical Clinics of North America*, 73(1), 111–138. [https://doi.org/10.1016/S0025-7125\(16\)30695-2](https://doi.org/10.1016/S0025-7125(16)30695-2)
- Kittnar, O., Langmeier, M., & Mysliveček, J. (2020). Fyziologické principy. In O. Kittnar (Ed.), *Lékařská fyziologie: 2., přepracované a doplněné vydání* (pp. 15–204). Praha: Grada Publishing. Retrieved 14. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://www.bookport.cz/e-kniha/lekarska-fyziologie-294540/>
- Kittnar, O., & Marešová, D. (2020). Fyziologie stárnutí. In O. Kittnar (Ed.), *Lékařská fyziologie: 2., přepracované a doplněné vydání* (pp. 2618–2642). Praha: Grada Publishing. Retrieved 13. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://www.bookport.cz/e-kniha/lekarska-fyziologie-294540/>
- Klimešová, I., Kováčová, L., Wittmannová, J., & Jankůjová, J. (2017). Vliv pohybové aktivity na hydratační status seniorů. *Česká Antropologie*, 67(1), 30–34. Retrieved 17. 12. 2020 from the World Wide Web: [http://anthropology.cz/wp-content/uploads/2018/02/30-34\\_Klimesova\\_I\\_2017\\_67\\_1.pdf](http://anthropology.cz/wp-content/uploads/2018/02/30-34_Klimesova_I_2017_67_1.pdf)
- Kopelman, P. G. (2000). Obesity as a medical problem. *Nature*, 404(6778), 635–643. <https://doi.org/10.1038/35007508>
- Kresovich, J. K., Xu, Z., O'Brien, K. M., Weinberg, C. R., Sandler, D. P., & Taylor, J. A. (2019). Methylation-based biological age and breast cancer risk. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 111(10), 1051–1058. <https://doi.org/10.1093/jnci/djz020>
- Kröger, H., Tuppurainen, M., Honkanen, R., Alhava, E., & Saarikoski, S. (1994). Bone mineral density and risk factors for osteoporosis—A population-based study of 1600 perimenopausal women. *Calcified Tissue International*, 55(1), 1–7. <https://doi.org/10.1007/BF00310160>
- Kruk, P. A., Rampino, N. J., & Bohr, V. A. (1995). DNA damage and repair in telomeres: Relation to aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92(1), 258–262. <https://doi.org/10.1073/pnas.92.1.258>



- Krzywińska-Siemaszko, R., Deskur-Śmielecka, E., Kaluźniak-Szymanowska, A., Styszyński, A., & Wieczorowska-Tobis, K. (2020). Polish version of SARC-F to assess sarcopenia in older adults: An examination of reliability and validity. *PLOS ONE*, *15*(12), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244001>
- Kuk, J. L., Saunders, T. J., Davidson, L. E., & Ross, R. (2009). Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing Research Reviews*, *8*(4), 339–348. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2009.06.001>
- Kushner, R. F. (1992). Bioelectrical impedance analysis: A review of principles and applications. In *Journal of the American College of Nutrition* (Vol. 11, Issue 2, pp. 199–209). Retrieved 5. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://www.inner-image.com/assets/2015/05/5.-Kushner-1992.pdf>
- Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., Karsegard, L., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2001). Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *European Journal of Clinical Nutrition*, *55*(8), 663–672. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601198>
- 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. *Society*, *49*(12), 1633–1640. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2001.t01-1-49272.x>
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, *23*(5), 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
- Kyle, U. G., Schutz, Y., Dupertuis, Y. M., & Pichard, C. (2003). Body composition interpretation: Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*, *19*(7–8), 597–604. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(03\)00061-3](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(03)00061-3)
- Lamberts, S. W. J., van den Beld, A. W., & van der Lely, A.-J. (1997). The endocrinology of aging. *Science*, *278*(5337), 419–424. <https://doi.org/10.1126/science.278.5337.419>
- Launer, L. J., Harris, T., Rumpel, C., & Madans, J. (1994). Body Mass Index, weight change, and risk of mobility disability in middle-aged and older women: The epidemiologic follow-up study of NHANES I. *JAMA*, *271*(14), 1093–1098. <https://doi.org/10.1001/jama.1994.03510380049036>

- Levine, M. E., Lu, A. T., Quach, A., Chen, B. H., Assimes, T. L., Bandinelli, S., Hou, L., Baccarelli, A. A., Stewart, J. D., Li, Y., Whitsel, E. A., Wilson, J. G., Reiner, A. P., Aviv, A., Lohman, K., Liu, Y., Ferrucci, L., & Horvath, S. (2018). An epigenetic biomarker of aging for lifespan and healthspan. *Aging*, *10*(4), 573–591. <https://doi.org/10.18632/aging.101414>
- Ling, C. H. Y., de Craen, A. J. M., Slagboom, P. E., Gunn, D. A., Stokkel, M. P. M., Westendorp, R. G. J., & Maier, A. B. (2011). Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, *30*(5), 610–615. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.04.001>
- Lukaski, H. C. (1987). Methods for the assessment of human body composition: Traditional and new. *American Journal of Clinical Nutrition*, *46*(4), 537–556. <https://doi.org/10.1093/ajcn/46.4.537>
- Lukaski, H. C., & Bolonchuk, W. W. (1988). Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. *Aviation Space and Environmental Medicine*, *59*(12), 1163–1169. Retrieved 26. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://pubag.nal.usda.gov/download/47608/PDF>
- Lynch, S. V., & Pedersen, O. (2016). The human intestinal microbiome in health and disease. *The New England Journal of Medicine*, *375*(24), 2369–2379. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1600266>
- Malina, R. M. (1969). Quantification of fat, muscle and bone in man. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *65*, 9–38. Retrieved 18. 11. 2020 from the World Wide Web: [https://journals.lww.com/clinorthop/Citation/1969/07000/2\\_Quantification\\_of\\_Fat,\\_Muscle\\_and\\_Bone\\_in\\_Man.3.aspx](https://journals.lww.com/clinorthop/Citation/1969/07000/2_Quantification_of_Fat,_Muscle_and_Bone_in_Man.3.aspx)
- Marešová, D. (2020). Fyziologie žláz s vnitřní sekrecí. In O. Kittnar (Ed.), *Lékařská fyziologie: 2., přepracované a doplněné vydání* (pp. 1659–1843). Praha: Grada Publishing. Retrieved 15. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://www.bookport.cz/e-kniha/lekarska-fyziologie-294540/>
- Marzetti, E., & Leeuwenburgh, C. (2006). Skeletal muscle apoptosis, sarcopenia and frailty at old age. *Experimental Gerontology*, *41*(12), 1234–1238. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2006.08.011>
- Matiegka, J. (1921). The testing of physical efficiency. *American Journal of Physical Anthropology*, *4*(3), 223–230. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330040302>

- McCabe, L., Britton, R. A., & Parameswaran, N. (2015). Prebiotic and probiotic regulation of bone health: Role of the intestine and its microbiome. *Current Osteoporosis Reports*, *13*(6), 363–371. <https://doi.org/10.1007/s11914-015-0292-x>
- Medvedev, Z. A. (1990). An attempt at a rational classification of theories of ageing. *Biological Reviews*, *65*(3), 375–398. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1990.tb01428.x>
- Mercadal, T. M. (2019). Body Mass Index (BMI). In *Salem Press Encyclopedia of Health*. Salem Press. Retrieved 20. 12. 2020 from the World Wide Web: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=93787396&lang=cs&site=eds-live&scope=site&authtype=shib&custid=s7108593>
- Milholland, B., Suh, Y., & Vijg, J. (2017). Mutation and catastrophe in the aging genome. *Experimental Gerontology*, *94*, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.02.073>
- Miller, H. J. (2015). Dehydration in the older adult. *Journal of Gerontological Nursing*, *49*(9), 8–13. <https://doi.org/10.3928/00989134-20150814-02>
- Moayyeri, A., Luben, R. N., Wareham, N. J., & Khaw, K.-T. (2011). Body fat mass is a predictor of risk of osteoporotic fractures in women but not in men: A prospective population study. *Journal of Internal Medicine*, *271*(5), 472–480. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2011.02443.x>
- Moore, F. D., Olsen, K. H., McMurrey, J. D., Parker, H. V, Ball, M. R., & Boyden, C. M. (1963). The body cell mass and its supporting environment: Body composition in health and disease. In S. B. Heymsfield, T. G. Lohman, Z. Wang, & S. B. Going (Eds.), *Human body composition (2nd ed.)* (p. 263). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Morley, J. E. (2008). Sarcopenia: Diagnosis and treatment. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, *12*(7), 452–456. <https://doi.org/10.1007/BF02982705>
- Morley, John E., Baumgartner, R. N., Roubenoff, R., Mayer, J., & Nair, K. S. (2001). Sarcopenia. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, *137*(4), 231–243. <https://doi.org/10.1067/mlc.2001.113504>
- Muscaritoli, M., Anker, S. D., Argilés, J., Aversa, Z., Bauer, J. M., Biolo, G., Boirie, Y., Bosaeus, I., Cederholm, T., Costelli, P., Fearon, K. C., Laviano, A., Maggio, M., Rossi Fanelli, F., Schneider, S. M., Schols, A., & Sieber, C. C. (2010). Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) “cachexia-anorexia in chronic wasting diseases” and “nutrition in geriatrics”. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, *29*(2), 154–159.

- <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.12.004>
- Nagpal, R., Yadav, H., & Marotta, F. (2014). Gut microbiota: The next-gen frontier in preventive and therapeutic medicine? *Frontiers in Medicine, 1*(15), 1–3. Retrieved 23. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmed.2014.00015>
- Nair, K. S. (2005). Aging muscle. *The American Journal of Clinical Nutrition, 81*(5), 953–963. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.5.953>
- Nam, H. S., Kweon, S. S., Choi, J. S., Zmuda, J. M., Leung, P. C., Lui, L. Y., Hill, D. D., Patrick, A. L., & Cauley, J. A. (2013). Racial/ethnic differences in bone mineral density among older women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism, 31*(2), 190–198. <https://doi.org/10.1007/s00774-012-0402-0>
- NDA. (2010). Scientific opinion on dietary reference values for water. *EFSA Journal, 8*(3), 1459–1507. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1459>
- Neish, A. S. (2009). Microbes in gastrointestinal health and disease. *Gastroenterology, 136*(1), 65–80. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2008.10.080>
- Newman, A. B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E., Goodpaster, B., Nevitt, M., Kritchevsky, S. B., Tyllavsky, F. A., Rubin, S. M., & Harris, T. B. (2003). Sarcopenia: Alternative definitions and associations with lower extremity function. *Journal of the American Geriatrics Society, 51*(11), 1602–1609. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2003.51534.x>
- Nilsson, A. G., Sundh, D., Bäckhed, F., & Lorentzon, M. (2018). *Lactobacillus reuteri* reduces bone loss in older women with low bone mineral density: A randomized, placebo-controlled, double-blind, clinical trial. *Journal of Internal Medicine, 284*(3), 307–317. <https://doi.org/10.1111/joim.12805>
- Novotný, J. (2013). *Poznámky k použití antropometrických metod odhadu složení těla*. Retrieved 25. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://www.fsp.muni.cz/~novotny/Antropometrie.htm>
- Ortiz, O., Russell, M., Daley, T. L., Baumgartner, R. N., Waki, M., Lichtman, S., Wang, J., Pierson Jr, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). Differences in skeletal muscle and bone mineral mass between black and white females and their relevance to estimates of body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition, 55*(1), 8–13. <https://doi.org/10.1093/ajcn/55.1.8>

- Pacovský, V. (1990). *O stáří a stárnutí*. Praha: Avicenum. Retrieved 5. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://ndk.cz/uuid/uuid:7f0d8210-92bf-11e7-a9a4-005056827e51>
- Pařízková, J. (1962). *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství.
- Pasca, L. A., Dogaru, G., & Donca, V. (2015). Sarcopenia: Diagnosis, stages and treatment. *Balneo Research Journal*, 6(1), 32–35. <https://doi.org/10.12680/balneo.2015.1082>
- Patil, R., Uusi-Rasi, K., Pasanen, M., Kannus, P., Karinkanta, S., & Sievänen, H. (2013). Sarcopenia and osteopenia among 70-80-year-old home-dwelling Finnish women: Prevalence and association with functional performance. *Osteoporosis International*, 24(3), 787–796. <https://doi.org/10.1007/s00198-012-2046-2>
- Pelclová, J., Gába, A., Tlučáková, L., & Pošpiech, D. (2012). Association between physical activity (PA) guidelines and body composition variables in middle-aged and older women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 55(2), 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2012.06.014>
- Picca, A., Fanelli, F., Calvani, R., Mulè, G., Pesce, V., Sisto, A., Pantanelli, C., Bernabei, R., Landi, F., & Marzetti, E. (2018). Gut dysbiosis and muscle aging: Searching for novel targets against sarcopenia. *Mediators of Inflammation*, 2018, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2018/7026198>
- Piggott, D. A., & Tuddenham, S. (2020). The gut microbiome and frailty. *Translational Research*, 221, 23–43. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2020.03.012>
- Popkin, B. M., D'Anci, K. E., & Rosenberg, I. H. (2010). Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews*, 68(8), 439–458. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x>
- Prado, C. M. M., Siervo, M., Mire, E., Heymsfield, S. B., Stephan, B. C. M., Broyles, S., Smith, S. R., Wells, J. C. K., & Katzmarzyk, P. T. (2014). A population-based approach to define body-composition phenotypes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 99(6), 1369–1377. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.078576>
- Prerost, J. F. (2019). Aging. *Salem Press Encyclopedia of Science*. Retrieved 4. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url,uid&db=ers&AN=87690295&lang=cs&site=eds-live>
- Přidalová, M. (2013). *Vybrané problémy z kinantropometrie pro TVS*,

*Kinantropometrické metody*. Olomouc: FTK UP.

- Rashmi, R., & Snehalatha, U. (2019). Evaluation of body composition parameters using various diagnostic methods: A meta analysis study. *Obesity Medicine*, *16*(October), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2019.100150>
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)* (3rd ed.). Olomouc: Hanex. Retrieved 8. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://ndk.cz/view/uuid:d8dec4f0-d6de-11e5-ab98-005056827e52?page=uuid:6db80481-fbef-11e5-a82e-5ef3fc9bb22f>
- Rizzoli, R., Bianchi, M. L., Garabédian, M., McKay, H. A., & Moreno, L. A. (2010). Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone*, *46*(2), 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.10.005>
- Robinson, S. M., Reginster, J. Y., Rizzoli, R., Shaw, S. C., Kanis, J. A., Bautmans, I., Bischoff-Ferrari, H., Bruyère, O., Cesari, M., Dawson-Hughes, B., Fielding, R. A., Kaufman, J. M., Landi, F., Malafarina, V., Rolland, Y., van Loon, L. J., Vellas, B., Visser, M., & Cooper, C. (2018). Does nutrition play a role in the prevention and management of sarcopenia? *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, *37*(4), 1121–1132. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.08.016>
- Rokyta, R. (2015). *Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi*. Grada Publishing. Retrieved 3. 11. 2020 from the World Wide Web: <https://www.bookport.cz/e-kniha/fyziologie-a-patologicka-fyziologie-404527/>
- Rollandi, G. A., Chiesa, A., Sacchi, N., Castagnetta, M., Puntoni, M., Amaro, A., Banelli, B., & Pfeffer, U. (2019). Biological age versus chronological age in the prevention of age associated diseases. *OBM Geriatrics*, *3*(2), 1–14. <https://doi.org/10.21926/obm.geriatr.1902051>
- Rondanelli, M., Talluri, J., Peroni, G., Donelli, C., Guerriero, F., Ferrini, K., Riggi, E., Sauta, E., Perna, S., & Guido, D. (2018). Beyond Body Mass Index. Is the Body Cell Mass Index (BCMI) a useful prognostic factor to describe nutritional, inflammation and muscle mass status in hospitalized elderly?: Body Cell Mass Index links in elderly. *Clinical Nutrition*, *37*(3), 934–939. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.03.021>
- Rosenberg, I. H. (1989). Summary comments. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *50*(5), 1231–1233. <https://doi.org/10.1093/ajcn/50.5.1231>

- Rosenberg, I. H. (1997). Sarcopenia: Origins and clinical relevance. *The Journal of Nutrition*, *127*(5), 990S-991S. <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.990S>
- Roumelioti, M.-E., Glew, R. H., Khitan, Z. J., Rondon-Berrios, H., Argyropoulos, C. P., Malhotra, D., Raj, D. S., Agaba, E. I., Rohrscheib, M., Murata, G. H., Shapiro, J. I., & Tzamaloukas, A. H. (2018). Fluid balance concepts in medicine: Principles and practice. *World Journal of Nephrology*, *7*(1), 1–28. <https://doi.org/10.5527/wjn.v7.i1.1>
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1997). Successful aging. *The Gerontologist*, *37*(4), 433–440. Retrieved 13. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://academic.oup.com/gerontologist/article-abstract/37/4/433/611033>
- Sala, C., Giampieri, E., Vitali, S., Garagnani, P., Remondini, D., Bazzani, A., Franceschi, C., & Castellani, G. C. (2020). Gut microbiota ecology: Biodiversity estimated from hybrid neutral-niche model increases with health status and aging. *PLOS ONE*, *15*(10), 1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237207>
- Santoro, A., Ostan, R., Candela, M., Biagi, E., Brigidi, P., Capri, M., & Franceschi, C. (2018). Gut microbiota changes in the extreme decades of human life: A focus on centenarians. *Cellular and Molecular Life Sciences: CMLS*, *75*(1), 129–148. <https://doi.org/10.1007/s00018-017-2674-y>
- Schmidt, T. S. B., Raes, J., & Bork, P. (2018). The human gut microbiome: From association to modulation. *Cell*, *172*(6), 1198–1215. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.02.044>
- Schoeller, D. A. (1989). Changes in total body water with age. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *50*(5 Suppl), 1175–1176. <https://doi.org/10.1093/ajcn/50.5.1176>
- Schoeller, D. A. (2000). Bioelectrical impedance analysis what does it measure? *Annals of the New York Academy of Sciences*, *904*(1), 159–162. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06441.x>
- Schoeller, D. A., & Kushner, R. F. (1989). Determination of body fluids by the impedance technique. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, *8*(1), 19–21. <https://doi.org/10.1109/51.32400>
- Schutz, Y., Kyle, U. G., & Pichard, C. (2002). Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, *26*(7), 953–960. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802037>

- Serra-Prat, M., Lorenzo, I., Palomera, E., Ramírez, S., & Yébenes, J. C. (2019). Total body water and intracellular water relationships with muscle strength, frailty and functional performance in an elderly population. A cross-sectional study. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 23(1), 96–101. <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1129-y>
- Šipr, K. (1997). *Jak zdravě stárnout*. Rosice u Brna: Gloria.
- Siri, W. E. (1956). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In *Radiation laboratory*. University of California. Retrieved 23. 3. 2021 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8286893>
- Stárka, L. (2002). Endokrinologie stárnutí. *Interní Medicína pro Praxi*, 4(6), 280–289. Retrieved 20. 12. 2020 from the World Wide Web: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2002/06/05.pdf>
- Takasaki, Y., Loy, S. F., & Juergens, H. W. (2003). Ethnic differences in the relationship between bioelectrical impedance and body size. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY and Applied Human Science*, 22(5), 233–235. <https://doi.org/10.2114/jpa.22.233>
- Talluri, A., Liedtke, R., Mohamed, E. I., Maiolo, C., Martinoli, R., & De Lorenzo, A. (2003). The application of body cell mass index for studying muscle mass changes in health and disease conditions. *Acta Diabetologica*, 40(SUPPL. 1), 286–289. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0088-9>
- Talluri, T. (1998). Qualitative human body composition analysis assessed with bioelectrical impedance. *Collegium Antropologicum*, 22(2), 427–432. Retrieved 14. 1. 2021 from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/profile/Tony-Talluri/publication/13400698\\_Qualitative\\_Human\\_Body\\_Composition\\_Analysis\\_Assessed\\_with\\_Bioelectrical\\_Impedance/links/0c960528240424653e000000/Qualitative-Human-Body-Composition-Analysis-Assessed-with-Bioelectrical-Impedance.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tony-Talluri/publication/13400698_Qualitative_Human_Body_Composition_Analysis_Assessed_with_Bioelectrical_Impedance/links/0c960528240424653e000000/Qualitative-Human-Body-Composition-Analysis-Assessed-with-Bioelectrical-Impedance.pdf)
- Taylor, A. W., & Johnson, M. J. (2008). *Physiology of exercise and healthy aging*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Tian, S., & Xu, Y. (2016). Association of sarcopenic obesity with the risk of all-cause mortality: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Geriatrics & Gerontology International*, 16(2), 155–166. <https://doi.org/10.1111/ggi.12579>



- Ticinesi, A., Lauretani, F., Milani, C., Nouvenne, A., Tana, C., Del Rio, D., Maggio, M., Ventura, M., & Meschi, T. (2017). Aging gut microbiota at the cross-road between nutrition, physical frailty, and sarcopenia: Is there a gut–muscle axis? *Nutrients*, 9(12), 1303–1323. <https://doi.org/10.3390/nu9121303>
- Ticinesi, A., Meschi, T., Lauretani, F., Felis, G., Franchi, F., Pedrolli, C., Barichella, M., Benati, G., Di Nuzzo, S., Ceda, G. P., & Maggio, M. (2016). Nutrition and inflammation in older individuals: Focus on vitamin D, n-3 polyunsaturated fatty acids and whey proteins. *Nutrients*, 8(4), 186. <https://doi.org/10.3390/nu8040186>
- Ticinesi, A., Tana, C., Nouvenne, A., & Meschi, T. (2018). Human gut microbiome: The hypothesis of a gut-muscle axis in the elderly. *Dtsch Z Sportmed.*, 69, 359–365. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2018.355>
- Toh, W. S., Brittberg, M., Farr, J., Foldager, C. B., Gomoll, A. H., Hui, J. H. P., Richardson, J. B., Roberts, S., & Spector, M. (2016). Cellular senescence in aging and osteoarthritis: Implications for cartilage repair. *Acta Orthopaedica*, 87(eSuppl 363), 6–14. <https://doi.org/10.1080/17453674.2016.1235087>
- Topinková, E. (2005). *Geriatric pro praxi*. Praha: Galén.
- Toth, M. J., Tchernof, A., Sites, C. K., & Poehlman, E. T. (2000). Menopause-related changes in body fat pdistribution. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904(1), 502–506. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06506.x>
- Tower, J. (2015). Programmed cell death in aging. *Ageing Research Reviews*, 23(PA), 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.04.002>
- United Nations. (2019). *World Population Ageing 2019: Highlights*. Retrieved 23. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WorldPopulationAgeing2019-Highlights.pdf>
- ÚZIS ČR. (2021). *MKN-10: M60-M63 - Onemocnění svalů*. Retrieved 13. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://mkn10.uzis.cz/prohlizec/M60-M63>
- Vellas, B., Fielding, R. A., Bens, C., Bernabei, R., Cawthon, P. M., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A. J., Del Signore, S., Donahue, S., Morley, J., Pahor, M., Reginster, J.-Y., Rodriguez Mañas, L., Rolland, Y., Roubenoff, R., Sinclair, A., & Cesari, M. (2018). Implications of ICD-10 for sarcopenia clinical practice and clinical trials: Report by the International Conference on frailty and sarcopenia research task force. *The Journal of Frailty & Aging*, 7(1), 2–9. <https://doi.org/10.14283/jfa.2017.30>

- Visser, M., Kiel, D. P., Langlois, J., Hannan, M. T., Felson, D. T., Wilson, P. W. F., & Harris, T. B. (1998). Muscle mass and fat mass in relation to bone mineral density in very old men and women: The framingham heart study. *Applied Radiation and Isotopes*, *49*(5–6), 745–747. [https://doi.org/10.1016/S0969-8043\(97\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S0969-8043(97)00101-2)
- Vobr, R. (2013). *Antropomotorika*. Brno: Masarykova univerzita. Retrieved 17. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-18/Cover.html>
- Wagner, D. R., & Heyward, V. H. (2000). Measures of body composition in blacks and whites: A comparative review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *71*(6), 1392–1402. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1392>
- Wakimoto, P., & Block, G. (2001). Dietary intake, dietary patterns, and changes with age: An epidemiological perspective. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *56*(2), 65–80. [https://doi.org/10.1093/gerona/56.suppl\\_2.65](https://doi.org/10.1093/gerona/56.suppl_2.65)
- Wang, Z. M., Deurenberg, P., Guo, S. S., Pietrobelli, A., Wang, J., Pierson, R. N., & Heymsfield, S. B. (1998). Six-compartment body composition model: Inter-method comparisons of total body fat measurement. *International Journal of Obesity*, *22*(4), 329–337. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0800590>
- Wang, Z. M, Pierson Jr, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *56*(1), 19–28. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.1.19>
- Wang, Z. M., Deurenberg, P., Wang, W., Pietrobelli, A., Baumgartner, R. N., & Heymsfield, S. B. (1999). Hydration of fat-free body mass: Review and critique of a classic body- composition constant. *American Journal of Clinical Nutrition*, *69*(5), 833–841. <https://doi.org/10.1093/ajcn/69.5.833>
- Ward-Ritacco, C. L., Meyer, A., Walker, G., Riebe, D., & Sabik, N. J. (2020). Percent body fat , but not lean mass , is associated with objectively measured physical function in middle-aged women. *Maturitas*, *142*(December), 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.06.006>
- Ward, L. C. (2012). Segmental bioelectrical impedance analysis: An update. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, *15*(5), 424–429. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328356b944>
- Wells, J. C. K., & Fewtrell, M. S. (2006). Measuring body composition. *Archives of Disease in Childhood*, *91*(7), 612–617. <https://doi.org/10.1136/adc.2005.085522>

- Wilmanski, T., Diener, C., Rappaport, N., Patwardhan, S., Wiedrick, J., Lapidus, J., Earls, J. C., Zimmer, A., Glusman, G., Robinson, M., Yurkovich, J. T., Kado, D. M., Cauley, J. A., Zmuda, J., Lane, N. E., Magis, A. T., Lovejoy, J. C., Hood, L., Gibbons, S. M., ... Price, N. D. (2021). Gut microbiome pattern reflects healthy ageing and predicts survival in humans. *Nature Metabolism*, 3(2), 274–286. <https://doi.org/10.1038/s42255-021-00348-0>
- Wilmore, J. H. (1992). Body composition and body energy stores. In R. J. Shephard & P. O. Astrand (Eds.), *Endurance in sport* (p. 224). Oxford: Blackwell Scientific Publ.
- WHO. (2006). *An estimation of the economic impact of chronic noncommunicable diseases in selected countries*. Retrieved 11. 4. 2021 from the World Wide Web: [https://www.who.int/chp/working\\_paper\\_growth\\_model29may.pdf](https://www.who.int/chp/working_paper_growth_model29may.pdf)
- WHO. (2011). *Men, aging and health*. Retrieved 17. 2. 2021 from the World Wide Web: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66941/WHO\\_NMH\\_NPH\\_01.2.pdf;jsessionid=](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66941/WHO_NMH_NPH_01.2.pdf;jsessionid=)
- WHO. (2018). *Ageing and health*. Retrieved 17. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- WHO. (2021a). *Ageing*. Retrieved 17. 2. 2021 from the World Wide Web: [https://www.who.int/health-topics/ageing#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/ageing#tab=tab_1)
- WHO. (2021b). *Body Mass Index - BMI*. Retrieved 17. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi#>
- Xue, Q.-L. (2011). The frailty syndrome: Definition and natural history. *Clinics in Geriatric Medicine*, 27(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2010.08.009>
- Yamada, Y., Nishizawa, M., Uchiyama, T., Kasahara, Y., Shindo, M., Miyachi, M., & Tanaka, S. (2017). Developing and validating an age-independent equation using multi-frequency bioelectrical impedance analysis for estimation of appendicular skeletal muscle mass and establishing a cutoff for sarcopenia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070809>
- Yu, S., Visvanathan, T., Field, J., Ward, L. C., Chapman, I., Adams, R., Wittert, G., & Visvanathan, R. (2013). Lean body mass: The development and validation of prediction equations in healthy adults. *BMC Pharmacology and Toxicology*, 14(53), 1–9. <https://doi.org/10.1186/2050-6511-14-53>

- Zamboni, M., Mazzali, G., Fantin, F., Rossi, A., & Di Francesco, V. (2008). Sarcopenic obesity: A new category of obesity in the elderly. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, *18*(5), 388–395. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2007.10.002>
- Zanjari, N., Sani, M. S., Chavoshi, M. H., Rafiey, H., & Shahboulaghi, F. M. (2017). Successful aging as a multidimensional concept: An integrative review. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, *31*(1), 686–691. <https://doi.org/10.14196/MJIRI.31.100>
- Zhernakova, A., Kurilshikov, A., Bonder, M. J., Tigchelaar, E. F., Schirmer, M., Vatanen, T., Mujagic, Z., Vila, A. V., Falony, G., Vieira-Silva, S., Wang, J., Imhann, F., Brandsma, E., Jankipersadsing, S. A., Joossens, M., Cenit, M. C., Deelen, P., Swertz, M. A., Weersma, R. K., ... Fu, J. (2016). Population-based metagenomics analysis reveals markers for gut microbiome composition and diversity. *Science*, *352*(6285), 565–569. <https://doi.org/10.1126/science.aad3369>

## **11 Přílohy**

**Příloha 1.** Popisné statistiky českých žen

**Příloha 2.** Popisné statistiky polských žen

**Příloha 3.** Popisné statistiky českých 60letých žen

**Příloha 4.** Popisné statistiky polských 60letých žen

**Příloha 5.** Popisné statistiky českých 70letých žen

**Příloha 6.** Popisné statistiky polských 70letých žen

**Příloha 7.** Popisné statistiky českých 80letých žen

**Příloha 8.** Popisné statistiky polských 80letých žen

**Příloha 9.** Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů mezi českými a polskými ženami – Mann-Whitneyův U Test

**Příloha 10.** Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů 60letých českých a polských žen – Mann-Whitneyův U Test

**Příloha 11.** Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů 70letých českých a polských žen – Mann-Whitneyův U Test

**Příloha 12.** Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů 80letých českých a polských žen – Mann-Whitneyův U Test

**Příloha 13.** Četnostní analýza výskytu sarkopenie

Tabulka 1. Popisné statistiky českých žen

Proměnná	N	Průměr	SD	Var.koef.	Medián	Maximum	Minimum
tělesná výška (cm)	1030	160,875	6,2278	3,87118	161,000	183,000	141,0000
věk (let)	1030	67,546	6,0337	8,93278	66,000	92,000	60,0000
BMC (kg)	1030	2,618	0,3043	11,62448	2,610	3,660	1,8600
tělesná hmotnost (kg)	1030	71,667	12,7751	17,82570	70,550	152,000	35,6700
BCM (kg)	1030	28,668	3,4896	12,17210	28,520	49,980	18,4500
SMM (kg)	1030	24,105	3,1769	13,17955	23,970	43,510	14,8000
BFM (kg)	1030	27,108	9,5713	35,30788	26,100	85,800	2,3000
BF (%)	1030	36,867	7,4297	20,15287	37,050	56,430	3,0000
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	1030	27,697	4,7949	17,31215	27,085	63,680	15,2400
ICW (l)	1030	20,016	2,4338	12,15935	19,900	34,900	12,9000
ECW (l)	1030	12,737	1,5255	11,97678	12,700	20,000	8,4000
proteiny (kg)	1030	8,654	1,0524	12,16169	8,600	15,100	5,6000
minerály (kg)	1030	3,154	0,3699	11,72810	3,130	4,480	2,1700
TBW (l)	1030	32,753	3,9281	11,99311	32,600	54,400	21,3000
FFM (kg)	1030	44,559	5,3201	11,93955	44,300	73,900	29,1000
tělesná výška (m)	1030	1,609	0,0623	3,87118	1,610	1,830	1,4100
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	1030	17,187	1,5294	8,89845	17,122	28,796	12,7729
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	1030	10,509	3,8024	36,18118	10,037	35,944	0,7597
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	1030	9,313	1,1426	12,26930	9,262	30,376	6,4505
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	1030	11,058	1,0235	9,25493	10,999	19,770	8,0226
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	1030	6,931	0,7859	11,33866	6,892	13,496	4,4043
ASM (kg)	1030	18,009	2,7567	15,30752	17,880	37,030	10,1000
SMM (%)	1030	34,109	4,0921	11,99699	34,004	57,975	24,3487

Tabulka 2. Popisné statistiky polských žen

Proměnná	N	Průměr	SD	Var.koef.	Medián	Maximum	Minimum
tělesná výška (cm)	234	156,674	6,5299	4,16785	156,500	174,000	138,500
věk (let)	234	70,060	8,1891	11,68867	68,000	96,000	60,000
BMC (kg)	234	2,449	0,2894	11,81817	2,435	3,250	1,780
tělesná hmotnost (kg)	234	69,365	11,9952	17,29276	68,600	101,690	38,300
BCM (kg)	234	26,692	3,4030	12,74909	26,505	36,080	18,250
SMM (kg)	234	22,305	3,0984	13,89095	22,135	30,860	14,620
BFM (kg)	234	27,764	9,0904	32,74198	27,050	51,500	5,200
BF (%)	234	39,119	7,4026	18,92349	38,925	54,130	13,680
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	234	18,634	4,7072	16,65594	27,760	44,550	16,690
ICW (l)	234	11,964	2,3785	12,76439	18,500	25,200	12,700
ECW (l)	234	8,055	1,4235	11,89807	11,900	16,900	8,600
proteiny (kg)	234	2,953	1,0256	12,73165	8,000	10,900	5,500
minerály (kg)	234	30,598	0,3531	11,95570	2,905	3,930	2,150
TBW (l)	234	18,634	3,7532	12,26620	30,150	40,400	21,500
FFM (kg)	234	41,602	5,1062	12,27392	41,200	55,100	29,200
tělesná výška (m)	234	1,567	0,0653	4,16785	1,565	1,740	1,385
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	234	16,907	1,3941	8,24583	16,782	20,995	13,030
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	234	11,355	3,8521	33,92432	10,942	24,133	2,266
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	234	9,055	0,8686	9,59205	8,982	11,759	6,524
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	234	10,844	0,9401	8,66883	10,778	13,748	8,144
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	234	6,690	0,7715	11,53127	6,640	9,057	4,364
ASM (kg)	234	16,505	2,6729	16,19421	16,265	24,120	8,970
SMM (%)	234	32,583	4,0517	12,43520	32,756	45,196	23,353

Tabulka 3. Popisné statistiky českých 60letých žen

Proměnná	N	Průměr	SD	Var.koef.	Medián	Maximum	Minimum
tělesná výška (cm)	707	161,808	6,0465	3,73685	162,000	183,000	141,000
věk (let)	707	64,129	2,7397	4,27222	64,000	69,000	60,000
BMC (kg)	707	2,650	0,3030	11,43308	2,640	3,660	1,880
tělesná hmotnost (kg)	707	72,005	12,9245	17,94938	70,800	152,000	43,400
BCM (kg)	707	29,167	3,3579	11,51277	29,080	49,750	20,020
SMM (kg)	707	24,559	3,0570	12,44763	24,480	43,300	16,230
BFM (kg)	707	26,781	9,6239	35,93588	25,400	85,800	2,300
BF (%)	707	36,209	7,2329	19,97531	36,130	56,430	3,000
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	707	27,510	4,8424	17,60219	26,830	63,680	18,010
ICW (l)	707	20,364	2,3428	11,50499	20,300	34,700	14,000
ECW (l)	707	12,863	1,4909	11,59027	12,800	20,000	8,900
proteiny (kg)	707	8,804	1,0129	11,50539	8,800	15,000	6,000
minerály (kg)	707	3,195	0,3675	11,50241	3,160	4,480	2,170
TBW (l)	707	33,227	3,8104	11,46779	33,300	54,400	22,900
FFM (kg)	707	45,225	5,1632	11,41670	45,200	73,900	31,200
tělesná výška (m)	707	1,618	0,0605	3,73685	1,620	1,830	1,410
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	707	17,250	1,4972	8,67966	17,159	27,733	13,775
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	707	10,260	3,7808	36,84882	9,621	35,944	0,760
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	707	9,393	1,2023	12,80049	9,337	30,376	7,165
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	707	11,126	0,9958	8,94988	11,084	17,947	8,839
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	707	6,987	0,7483	10,71094	6,940	12,231	4,896
ASM (kg)	707	18,352	2,6433	14,40287	18,330	37,030	11,090
SMM (%)	707	34,601	3,9388	11,38335	34,626	56,832	24,349

Tabulka 4. Popisné statistiky polských 60letých žen

Proměnná	N	Průměr	SD	Var.koef.	Medián	Maximum	Minimum
tělesná výška (cm)	139	158,156	5,88686	3,72218	158,000	174,000	140,000
věk (let)	139	64,655	2,94567	4,55601	65,000	69,000	60,000
BMC (kg)	139	2,501	0,27603	11,03697	2,470	3,160	1,780
tělesná hmotnost (kg)	139	70,859	11,81498	16,67387	69,600	101,670	38,300
BCM (kg)	139	27,622	2,99916	10,85805	27,280	36,080	20,560
SMM (kg)	139	23,151	2,73076	11,79519	22,840	30,860	16,720
BFM (kg)	139	28,046	9,34159	33,30804	27,700	51,500	5,200
BF (%)	139	38,616	7,56309	19,58528	38,340	54,130	13,680
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	139	28,362	4,79314	16,89985	27,740	44,550	16,690
ICW (l)	139	19,286	2,09477	10,86182	19,000	25,200	14,400
ECW (l)	139	12,178	1,34337	11,03140	12,100	15,200	8,700
proteiny (kg)	139	8,335	0,90407	10,84733	8,200	10,900	6,200
minerály (kg)	139	3,019	0,33407	11,06520	3,000	3,860	2,180
TBW (l)	139	31,463	3,40877	10,83412	31,100	40,400	23,100
FFM (kg/m <sup>2</sup> )	139	42,814	4,62200	10,79563	42,300	55,100	31,500
tělesná výška (m)	139	1,582	0,05887	3,72218	1,580	1,740	1,400
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	139	17,095	1,36819	8,00332	17,002	20,995	13,983
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	139	11,267	3,94095	34,97764	10,792	24,133	2,266
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	139	9,241	0,82456	8,92286	9,182	11,759	7,361
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	139	11,030	0,90603	8,21403	10,945	13,748	8,858
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	139	6,846	0,66903	9,77202	6,798	9,057	5,468
ASM (kg)	139	17,177	2,32860	13,55639	16,720	22,690	11,780
SMM (%)	139	33,160	4,08352	12,31464	33,465	45,196	24,954

Tabulka 5. Popisné statistiky českých 70letých žen

Proměnná	N	Průměr	SD	Var.koef.	Medián	Maximum	Minimum
tělesná výška (cm)	271	159,455	5,9555	3,73489	159,000	182,700	146,1000
věk (let)	271	73,598	2,7589	3,74866	73,000	79,000	70,0000
BMC (kg)	271	2,570	0,2934	11,41638	2,560	3,600	1,8600
tělesná hmotnost (kg)	271	71,627	12,7118	17,74709	70,800	119,160	35,6700
BCM (kg)	271	27,948	3,4915	12,49312	27,930	49,980	18,4500
SMM (kg)	271	23,448	3,1789	13,55722	23,440	43,510	14,8000
BFM (kg)	271	28,006	9,6867	34,58870	27,100	64,000	2,3000
BF (%)	271	38,118	7,6930	20,18181	38,600	53,640	3,0000
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	271	28,166	4,7950	17,02403	27,590	52,260	15,2400
ICW (l)	271	19,513	2,4334	12,47050	19,500	34,900	12,9000
ECW (l)	271	12,585	1,5578	12,37886	12,500	19,300	8,4000
proteiny (kg)	271	8,436	1,0513	12,46168	8,400	15,100	5,6000
minerály (kg)	271	3,093	0,3566	11,53052	3,100	4,290	2,2500
TBW (l)	271	32,098	3,9559	12,32442	32,000	54,200	21,3000
FFM (kg/m <sup>2</sup> )	271	43,623	5,3286	12,21527	43,600	72,800	29,1000
tělesná výška (m)	271	1,595	0,0596	3,73489	1,590	1,827	1,4610
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	271	17,129	1,6313	9,52352	17,123	28,796	12,7729
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	271	11,037	3,8756	35,11538	10,615	28,069	0,9098
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	271	9,204	1,0025	10,89172	9,182	17,211	6,4505
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	271	10,975	1,0976	10,00090	10,935	19,770	8,0226
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	271	6,866	0,8600	12,52645	6,856	13,496	4,4043
ASM (kg)	271	17,523	2,8190	16,08730	17,490	34,120	10,1000
SMM (%)	271	33,218	4,2397	12,76335	33,134	57,975	24,7326

Tabulka 6. Popisné statistiky polských 70letých žen

Proměnná	N	Průměr	SD	Var.koef.	Medián	Maximum	Minimum
tělesná výška (cm)	59	157,066	6,23369	3,96883	156,500	168,500	143,500
věk (let)	59	73,271	2,78438	3,80010	73,000	79,000	70,000
BMC (kg)	59	2,479	0,27536	11,10630	2,450	3,250	1,940
tělesná hmotnost (kg)	59	69,771	11,13021	15,95252	69,790	101,690	47,600
BCM (kg)	59	26,842	2,90632	10,82749	26,680	33,820	20,460
SMM (kg)	59	22,442	2,64644	11,79261	22,290	28,800	16,630
BFM (kg)	59	27,912	8,51785	30,51696	27,100	49,300	14,600
BF (%)	59	39,260	6,54584	16,67290	38,780	51,420	26,460
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	28,302	4,41777	15,60966	28,050	40,170	21,400
ICW (l)	59	18,739	2,02680	10,81598	18,600	23,600	14,300
ECW (l)	59	12,039	1,32236	10,98395	12,100	15,500	9,400
proteiny (kg)	59	8,105	0,87008	10,73501	8,100	10,200	6,200
minerály (kg)	59	2,991	0,33162	11,08846	2,960	3,930	2,290
TBW (l)	59	30,778	3,32727	10,81055	30,900	38,700	23,700
FFM (kg/m <sup>2</sup> )	59	41,859	4,51550	10,78731	41,900	52,600	32,200
tělesná výška (m)	59	1,571	0,06234	3,96883	1,565	1,685	1,435
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	16,944	1,26516	7,46670	16,768	19,602	14,750
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	11,357	3,59216	31,62837	10,782	20,646	5,775
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	9,079	0,74635	8,22055	8,968	10,604	7,688
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	10,865	0,81845	7,53268	10,799	12,453	9,364
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	59	6,670	0,66257	9,93383	6,605	8,258	5,257
ASM (kg)	59	16,507	2,29776	13,92010	16,250	21,520	11,970
SMM (%)	59	32,533	3,55053	10,91358	32,688	39,074	26,002



Tabulka 7. Popisné statistiky českých 80letých žen

Proměnná	N	Průměr	SD	Var.koef.	Medián	Maximum	Minimum
tělesná výška (cm)	52	155,579	6,1046	3,92379	154,550	171,200	141,500
věk (let)	52	82,462	2,6455	3,20812	82,000	92,000	80,000
BMC (kg)	52	2,423	0,2752	11,36123	2,370	3,180	1,920
tělesná hmotnost (kg)	52	67,266	10,1804	15,13450	67,150	98,800	45,260
BCM (kg)	52	25,648	3,0902	12,04855	25,380	34,340	19,180
SMM (kg)	52	21,354	2,8127	13,17164	21,110	29,270	15,470
BFM (kg)	52	26,885	7,9785	29,67668	26,300	49,600	5,800
BF (%)	52	39,281	7,4808	19,04420	40,040	51,970	12,270
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	52	27,791	3,9870	14,34655	27,270	41,340	19,470
ICW (l)	52	17,908	2,1522	12,01847	17,700	24,000	13,400
ECW (l)	52	11,813	1,4560	12,32514	11,600	15,500	8,900
proteiny (kg)	52	7,742	0,9386	12,12266	7,700	10,400	5,800
minerály (kg)	52	2,911	0,3373	11,58903	2,865	3,840	2,270
TBW (l)	52	29,721	3,5660	11,99830	29,300	39,500	22,300
FFM (kg/m <sup>2</sup> )	52	40,381	4,8066	11,90313	39,850	53,700	30,400
tělesná výška (m)	52	1,556	0,0610	3,92379	1,546	1,712	1,415
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	52	16,644	1,3047	7,83889	16,801	20,585	13,741
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	52	11,146	3,4007	30,51017	10,767	20,752	2,383
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	52	8,795	0,7653	8,70214	8,796	11,062	7,046
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	52	10,570	0,8273	7,82747	10,595	13,070	8,655
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	52	6,522	0,7473	11,45867	6,484	9,033	4,684
ASM (kg)	52	15,874	2,6469	16,67463	15,525	22,150	10,190
SMM (%)	52	32,070	4,0151	12,51956	31,680	46,191	24,979

Tabulka 8. Popisné statistiky polských 80letých žen

Proměnná	N	Průměr	SD	Var.koef.	Medián	Maximum	Minimum
tělesná výška (cm)	36	150,308	5,6712	3,77308	150,050	167,400	138,500
věk (let)	36	85,667	3,9279	4,58512	86,000	96,000	80,000
BMC (kg)	36	2,200	0,2359	10,72243	2,185	3,020	1,840
tělesná hmotnost (kg)	36	62,932	12,2663	19,49125	62,700	90,100	40,800
BCM (kg)	36	22,857	3,0056	13,14931	22,565	33,530	18,250
SMM (kg)	36	18,814	2,7368	14,54659	18,550	28,530	14,620
BFM (kg)	36	26,431	9,1446	34,59875	25,600	43,400	8,200
BF (%)	36	40,828	8,0142	19,62945	42,075	52,440	20,040
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	36	27,808	4,9325	17,73741	27,860	37,170	17,970
ICW (l)	36	15,947	2,1033	13,18889	15,750	23,400	12,700
ECW (l)	36	11,017	1,5371	13,95219	10,800	16,900	8,600
proteiny (kg)	36	6,894	0,9080	13,17063	6,800	10,100	5,500
minerály (kg)	36	2,639	0,2942	11,14822	2,620	3,650	2,150
TBW (l)	36	26,964	3,6063	13,37447	26,550	40,300	21,500
FFM (kg/m <sup>2</sup> )	36	36,500	4,7786	13,09201	36,050	54,100	29,200
tělesná výška (m)	36	1,503	0,0567	3,77308	1,501	1,674	1,385
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	36	16,118	1,4564	9,03601	15,928	19,306	13,030
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	36	11,691	4,0023	34,23308	11,752	18,540	3,611
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	36	8,300	0,8336	10,04265	8,260	10,181	6,524
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	36	10,091	0,9029	8,94680	10,006	11,965	8,144
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	36	6,122	1,0200	16,66112	6,121	8,607	4,364
ASM (kg)	36	13,908	2,9491	21,20535	13,390	24,120	8,970
SMM (%)	36	30,436	4,0721	13,37915	29,804	40,613	23,353

Tabulka 9. Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů mezi českými a polskými ženami – Mann-Whitneyův U Test

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) Dle proměn. etnikum (1 = české, 2 = polské) Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05000$						
	Sčet poř. skup. 1	Sčet poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
výška (cm)	105490,5	693989,5	77995,5	-8,43433	0,000000	-8,43521	0,000000
věk (let)	167502,0	631978,0	101013,0	3,86790	0,000110	3,87458	0,000107
BMC (kg)	109906,5	689573,5	82411,5	-7,55825	0,000000	-7,55871	0,000000
BCM (kg)	109868,0	689612,0	82373,0	-7,56588	0,000000	-7,56589	0,000000
hmotnost (kg)	137724,0	661756,0	110229,0	-2,03954	0,041397	-2,03955	0,041396
BF (kg)	154244,5	645235,5	114270,5	1,23775	0,215809	1,23776	0,215805
BF %	167819,5	631660,5	100695,5	3,93089	0,000085	3,93089	0,000085
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	157530,0	641950,0	110985,0	1,88956	0,058818	1,88956	0,058817
SMM (kg)	109874,5	689605,5	82379,5	-7,56459	0,000000	-7,56461	0,000000
ICW (l)	109787,0	689693,0	82292,0	-7,58195	0,000000	-7,58269	0,000000
ECW (l)	112142,5	687337,5	84647,5	-7,11465	0,000000	-7,11634	0,000000
proteiny (kg)	109780,5	689699,5	82285,5	-7,58324	0,000000	-7,58683	0,000000
minerál (kg)	110688,0	688792,0	83193,0	-7,40320	0,000000	-7,40407	0,000000
TBW (l)	110148,0	689332,0	82653,0	-7,51033	0,000000	-7,51063	0,000000
FFM (kg)	109875,0	689605,0	82380,0	-7,56449	0,000000	-7,56467	0,000000
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	134970,5	664509,5	107475,5	-2,58581	0,009715	-2,58581	0,009715
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	163630,0	635850,0	104885,0	3,09974	0,001937	3,09974	0,001937
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	129900,5	669579,5	102405,5	-3,59164	0,000329	-3,59164	0,000329
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	133343,0	666137,0	105848,0	-2,90869	0,003630	-2,90869	0,003630
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	127215,5	672264,5	99720,5	-4,12432	0,000037	-4,12432	0,000037
ASM (kg)	110900,5	688579,5	83405,5	-7,36105	0,000000	-7,36105	0,000000

Tabulka 10. Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů 60letých českých a polských žen – Mann-Whitneyův U Test

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) Dle proměn. etnikum (1 = české, 2 = polské) Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05000$						
	Sčet poř. skup. 1	Sčet poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
výška (cm)	316295,5	41985,50	32255,50	6,40940	0,000000	6,41022	0,000000
věk (let)	294305,5	63975,50	44027,50	-1,93966	0,052422	-1,95005	0,051171
BCM (kg)	312930,5	45350,50	35620,50	5,13173	0,000000	5,13174	0,000000
hmotnost (kg)	300878,0	57403,00	47673,00	0,55549	0,578560	0,55549	0,578559
BF (kg)	295030,5	63250,50	44752,50	-1,66438	0,096037	-1,66440	0,096034
BF %	290475,0	67806,00	40197,00	-3,39407	0,000689	-3,39407	0,000689
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	293691,0	64590,00	43413,00	-2,17298	0,029783	-2,17298	0,029782
SMM (kg)	312925,5	45355,50	35625,50	5,12983	0,000000	5,12984	0,000000
ICW (l)	312944,0	45337,00	35607,00	5,13686	0,000000	5,13743	0,000000
ECW (l)	312747,5	45533,50	35803,50	5,06225	0,000000	5,06353	0,000000
proteiny (kg)	312996,0	45285,00	35555,00	5,15660	0,000000	5,15939	0,000000
minerál (kg)	313314,0	44967,00	35237,00	5,27734	0,000000	5,27806	0,000000
TBW (l)	313017,5	45263,50	35533,50	5,16476	0,000000	5,16501	0,000000
FFM (kg)	313121,5	45159,50	35429,50	5,20425	0,000000	5,20440	0,000000
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	302359,5	55921,50	46191,50	1,11800	0,263566	1,11800	0,263566
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	291784,0	66497,00	41506,00	-2,89705	0,003767	-2,89705	0,003767
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	303547,5	54733,50	45003,50	1,56908	0,116631	1,56908	0,116631
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	302252,0	56029,00	46299,00	1,07719	0,281397	1,07719	0,281397
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	305004,5	53276,50	43546,50	2,12229	0,033814	2,12229	0,033814
ASM (kg)	312661,0	45620,00	35890,00	5,02940	0,000000	5,02941	0,000000

Tabulka 11. Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů 70letých českých a polských žen – Mann-Whitneyův U Test

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) Dle proměn. etnikum (1 = české, 2 = polské) Označené testy jsou významné na hladině $p < 0,05000$						
	Sčet poř. skup. 1	Sčet poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
výška (cm)	46396,00	8219,00	6449,000	2,326454	0,019995	2,326902	0,019971
věk (let)	45410,00	9205,00	7435,000	0,841740	0,399934	0,847795	0,396553
BCM (kg)	46462,00	8153,00	6383,000	2,425836	0,015274	2,425850	0,015273
hmotnost (kg)	45533,00	9082,00	7312,000	1,026952	0,304444	1,026960	0,304440
BF (kg)	44922,50	9692,50	7922,500	0,107664	0,914262	0,107667	0,914260
BF %	44419,50	10195,50	7563,500	-0,648245	0,516827	-0,648246	0,516826
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	44754,00	9861,00	7898,000	-0,144556	0,885061	-0,144557	0,885061
SMM (kg)	46461,00	8154,00	6384,000	2,424331	0,015337	2,424346	0,015337
ICW (l)	46464,50	8150,50	6380,500	2,429601	0,015116	2,429994	0,015100
ECW (l)	46547,00	8068,00	6298,000	2,553829	0,010655	2,554694	0,010629
proteiny (kg)	46456,00	8159,00	6389,000	2,416802	0,015658	2,418420	0,015589
minerál (kg)	46280,50	8334,50	6564,500	2,152535	0,031356	2,152945	0,031324
TBW (l)	46522,00	8093,00	6323,000	2,516184	0,011864	2,516363	0,011858
FFM (kg)	46516,50	8098,50	6328,500	2,507902	0,012146	2,508002	0,012142
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	45584,50	9030,50	7260,500	1,104501	0,269377	1,104501	0,269377
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	44544,50	10070,50	7688,500	-0,460021	0,645502	-0,460021	0,645502
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	45639,00	8976,00	7206,000	1,186567	0,235399	1,186567	0,235399
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	45478,00	9137,00	7367,000	0,944134	0,345102	0,944134	0,345102
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	46246,00	8369,00	6599,000	2,100585	0,035678	2,100585	0,035678
ASM (kg)	46622,00	7993,00	6223,000	2,666764	0,007659	2,666775	0,007659

Tabulka 12. Porovnání průměrných hodnot sledovaných parametrů 80letých českých a polských žen – Mann-Whitneyův U Test

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) Dle proměn. etnikum (1 = české, 2 = polské) Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$						
	Sčet poř. skup. 1	Sčet poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.
výška	1139,500	2776,500	473,5000	-3,92089	0,000088	-3,92167	0,000088
věk	2071,500	1844,500	466,5000	3,98030	0,000069	4,01079	0,000061
BCM (kg)	1108,500	2807,500	442,5000	-4,18398	0,000029	-4,18404	0,000029
hmotnost (kg)	1411,000	2505,000	745,0000	-1,61673	0,105937	-1,61677	0,105928
BF (kg)	1580,500	2335,500	914,5000	-0,17822	0,858549	-0,17823	0,858541
BF %	1713,000	2203,000	825,0000	0,93779	0,348354	0,93779	0,348354
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	1633,500	2282,500	904,5000	0,26309	0,792481	0,26309	0,792479
SMM (kg)	1108,500	2807,500	442,5000	-4,18398	0,000029	-4,18404	0,000029
ICW (l)	1103,000	2813,000	437,0000	-4,23066	0,000023	-4,23183	0,000023
ECW (l)	1278,000	2638,000	612,0000	-2,74547	0,006043	-2,74669	0,006020
proteiny (kg)	1104,500	2811,500	438,5000	-4,21793	0,000025	-4,22118	0,000024
minerál (kg)	1149,500	2766,500	483,5000	-3,83602	0,000125	-3,83727	0,000124
TBW (l)	1164,500	2751,500	498,5000	-3,70872	0,000208	-3,70931	0,000208
FFM (kg)	1146,500	2769,500	480,5000	-3,86148	0,000113	-3,86204	0,000112
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	1396,000	2520,000	730,0000	-1,74403	0,081154	-1,74403	0,081154
FMI (kg/m <sup>2</sup> )	1703,000	2213,000	835,0000	0,85292	0,393704	0,85292	0,393704
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	1278,000	2638,000	612,0000	-2,74547	0,006043	-2,74547	0,006043
BCMI (kg/m <sup>2</sup> )	1316,000	2600,000	650,0000	-2,42297	0,015395	-2,42297	0,015395
ASMI (kg/m <sup>2</sup> )	1337,000	2579,000	671,0000	-2,24475	0,024785	-2,24475	0,024785
ASM (kg)	1184,500	2731,500	518,5000	-3,53899	0,000402	-3,53902	0,000402

Tabulka 13. Četnostní analýza výskytu sarkopenie

věkové kategorie	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti Četnost označených buněk > 10		
	ANO	NE	Řádk.součty
<b>60leté</b>	13	833	846
Sloupc.	30,95 %	68,17 %	
Řádko	1,54 %	98,46 %	
Celková	1,03 %	65,90 %	66,93 %
<b>70leté</b>	15	315	330
Sloupc.	35,71 %	25,78 %	
Řádko	4,55 %	95,45 %	
Celková	1,19 %	24,92 %	26,11 %
<b>80leté</b>	14	74	88
Sloupc.	33,33 %	6,06 %	
Řádko	15,91 %	84,09 %	
Celková	1,11 %	5,85 %	6,96 %
Celk.	42	1222	1264
Celková	3,32 %	96,68 %	100,00 %