

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Hedvika Mičulková

**Hodnocení minerální složky u 30–80letých mužů a žen s využitím  
bioelektrické impedance a dvouenergiové rentgenové  
absorpciometrie**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. PaedDr. Miroslav Kopecký, Ph.D.

Olomouc 2021

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 28. dubna 2021

-----

podpis

Děkuji doc. PaedDr. Miroslavovi Kopeckému, Ph.D. za odborné vedení, statistické zpracování dat a cenné rady při tvorbě diplomové práce.

# ANOTACE

<b>Typ závěrečné práce:</b>	Diplomová práce
<b>Název práce:</b>	Hodnocení minerální složky u 30–80letých mužů a žen s využitím bioelektrické impedance a dvouenergievé rentgenové absorpciometrie
<b>Název práce v AJ:</b>	Evaluation of mineral component in 30–80 year old men and women using bioelectrical impedance and dual energy X-ray absorptiometry
<b>Datum zadání:</b>	2020-01-31
<b>Datum odevzdání:</b>	2021-04-28
<b>Vysoká škola, fakulta, ústav:</b>	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
<b>Autor práce:</b>	Bc. Hedvika Mičulková
<b>Vedoucí práce:</b>	doc. PaedDr. Miroslav Kopecký, Ph.D.
<b>Oponent práce:</b>	

# ABSTRAKT

## Úvod:

Diplomová práce je zaměřena na zkoumání vlivu somatických parametrů na množství minerálů v kostech u mužů i žen v závislosti na věku, a také na srovnání výsledků měření obsahu minerálů bioelektrickou impedancí (Bioelectrical Impedance Analysis; BIA) zařízením InBody 230 a dvouenergiovou rentgenovou absorpciometrií (Dual X-ray Absorptiometry; DXA) přístrojem Lunar Prodigy.

## Cíl:

Porovnat somatické parametry a minerální složku v jednotlivých věkových kategoriích u 30–80letých mužů a žen i mezi oběma pohlavími pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie a bioelektrické impedance.

## Metoda:

Výzkumné šetření probíhalo od ledna 2020 do června 2020 na denzitometrickém pracoviště G-Medica spol. s.r.o. v Olomouci. Sběr dat byl proveden na základě antropometrického měření, dotazníku, tělesné analýzy pomocí BIA (InBody 230) a vyšetření DXA v oblasti bederní páteře a kyčle. Výzkumu se zúčastnilo 259 probandů. Výzkumný soubor se skládal z 39 mužů (15,06 %) a 220 žen (84,94 %). K prokázání vzájemných vztahů mezi proměnnými byla zvolena kvantitativní výzkumná strategie. Pro veškeré statistické výpočty byl použit program STATISTICA Cz 12. Stanovená hladina významnosti byla  $p < 0,05$  a  $p < 0,01$ .

## Závěr:

Na základě statistického zpracování výsledků bylo zjištěno, že minerální složka jedince je ovlivněna somatickými parametry, pohlavím a věkem. Z výsledků našich analýz také vyplývá, že BIA neposkytuje údaje o kostním minerálu stejně spolehlivě jako DXA, ale je vhodnou metodou pro screening sníženého obsahu kostního minerálu u populace žen.

# SUMMARY

## **Introduction:**

This diploma thesis deals with the research of impact of somatic parameters on the amount of minerals in bones in men and women in different age categories as well as comparison of the results of measuring the mineral content with Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) by using InBody 230 scanner and Dual X-ray Absorptiometry (DXA) by using Lunar Prodigy scanner.

## **Aim:**

To compare the somatic parameters and mineral content of individual age categories in 30–80-year-old men and women separately and between both genders by using BIA and DXA.

## **Methods:**

The research was conducted from January 2020 to June 2020 in bone densitometric workplace G-medica spol. s.r.o. in Olomouc. Data collection was done based on the anthropometric measurement, questionnaire, body composition analysis by using BIA (InBody 230 scanner), and DXA scanning in lumbar spine area and hip. 259 probands took part in the research. The research group consisted of 39 men (15.06 %) and 220 women (84.94 %). A quantitative research strategy was chosen to demonstrate the interrelationships between the variables. The program STATISTICA Cz 12. was used for all statistical calculations. The determined level of significance was  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ .

## **Conclusion:**

Based on statistical processing of the results, it was concluded that the mineral content of an individual is impacted by somatic parameters, gender and age. The results of our analyzes also show that BIA does not provide bone mineral data as reliably as DXA, but it is a suitable method for screening of reduced bone mineral content in the female population.

**Klíčová slova v ČJ:** obsah minerálů v kosti, kostní hustota, osteoporóza, bioelektrická impedance, dvouenergieová rentgenová absorpciometrie, stárnutí

**Klíčová slova v AJ:** bone mineral content, bone mineral density, osteoporosis, bioelectrical impedance analysis, dual-energy X-ray absorptiometry, aging

**Rozsah:** 111 stran / z toho 5 příloh

# OBSAH

OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÉ POZNATKY .....	13
1.1 Kostní tkáň.....	13
1.1.1 Stavba kosti .....	13
1.1.2 Kostní remodelace .....	15
1.1.3 Mineralizace kosti a hormonální řízení .....	16
1.1.4 Vývoj kostní hmoty a determinanty maximální kostní hmoty .....	17
1.2 Osteoporóza .....	18
1.2.1 Projevy osteoporózy .....	19
1.2.2 Klasifikace a rizikové faktory osteoporózy .....	20
1.2.3 Léčba osteoporózy .....	21
1.3 Přehled vyšetřovacích metod osteoporózy .....	22
1.3.1 Dvouenergiiová rentgenová absorpciometrie .....	23
1.4 Interpretace výsledků měření kostní hustoty .....	24
1.4.1 Kvantifikace osteoporózy dle WHO .....	26
1.5 Přehled metod analýzy složení lidského těla .....	27
1.5.1 DXA jako metoda hodnocení složení těla .....	27
1.5.2 Bioelektrická impedanční analýza.....	27
1.6 Přehled teoretických poznatků .....	31
2 CÍL, DÍLČÍ CÍLE A HYPOTÉZY PRÁCE .....	34
2.1 Cíl výzkumu .....	34
2.2 Dílčí cíle .....	34
2.3 Hypotézy.....	34
3 METODIKA .....	37
3.1 Charakteristika výzkumného souboru .....	37
3.2 Organizace výzkumu .....	38
3.3 Etické aspekty výzkumu.....	38
3.4 Výzkumné šetření .....	38
3.4.1 Antropometrie.....	39
3.4.2 Vyšetření DXA .....	40
3.4.3 Vyšetření BIA.....	42
3.4.4 Dotazník .....	43



3.4.5 Statistické zpracování dat .....	44
5 VÝSLEDKY .....	45
5.1 Porovnávání somatických a minerálních parametrů ve věkových kategoriích .....	45
5.1.1 Porovnání somatických parametrů v kategorii mužů a kategorii žen ve věkových skupinách .....	45
5.1.2 Porovnání minerálních parametrů v kategorii mužů a kategorii žen ve věkových skupinách .....	50
5.2 Porovnání somatických a minerálních parametrů mezi muži a ženami ve věkových kategoriích .....	57
5.3 Porovnávání somatických a minerálních parametrů mezi kategoriemi BMI .....	62
5.3.1 Porovnání somatických parametrů v kategorii mužů a kategorii žen mezi kategoriemi BMI .....	62
5.3.2 Porovnání minerálních parametrů v kategorii mužů a kategorii žen mezi kategoriemi BMI .....	65
5.4 Porovnání somatických a minerálních parametrů žen s menstruací a žen v menopauze ...	73
5.5 Obsah minerálních látek u žen.....	74
5.6 Závislost kostní hustoty a obsahu minerálů u žen .....	75
5.7 Celkové množství kostních minerálů a množství kostních minerálů v oblasti bederní páteře a kyčle u žen .....	76
6 DISKUZE .....	78
ZÁVĚR.....	85
REFERENČNÍ SEZNAM .....	87
SEZNAM ZKRATEK .....	98
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	99
SEZNAM TABULEK .....	100
SEZNAM GRAFŮ .....	103
PŘÍLOHY .....	104

## ÚVOD

V současné době pozorujeme v souvislosti s měnícím se životním stylem a rostoucí epidemií obezity zvyšující se prevalenci osteoporózy v populaci. Jde o nenápadně se rozvíjející onemocnění charakterizované úbytkem kostní hmoty s narůstajícím rizikem zlomenin. Proto význam prevence osteoporózy a efektivní léčby nízkenergetických zlomenin roste (López-Gómez, Castrillón a Román, 2016). Odhaduje se, že osteoporóza postihuje 7–10 % populace a po 50. roce života jí onemocní téměř každá třetí žena a každý pátý muž (SZÚ, 2007). Nejsilnějším měřitelným determinantem rizika zlomeniny kostí je podle Zhaa et al. (2008) množství kostní tkáně ve skeletu měřitelné buď jako hustota kosti (Bone Mineral Density; BMD), nebo jako obsah minerálů v kosti (Bone Mineral Content; BMC). Dvouenergiová rentgenová absorpciometrie (Dual X-ray Absorptiometry; DXA) je považována za metodu zlatého standardu pro měření celotělového a regionálního BMC. Jistou její nevýhodou je však radiační zátěž. Moderní analyzátor složení těla, jako je bioelektrická impedance (Bioelectrical Impedance Analysis; BIA), má potenciál stát se bezpečným, levným a dostupným klinickým nástrojem v prevenci, diagnostice a monitoraci osteoporózy, nicméně je k tomu potřeba dalších studií (Cvetko, 2014). Dalších výzkumů je také potřeba pro zmapování rizikových faktorů kostní hmoty. Jedním z důležitých determinantů kostního minerálu je antropometrie jedince. Vliv somatických parametrů na kostní hmotu je v literatuře široce diskutovaným tématem. Ovšem účinek každého faktoru na BMD je sporný (Yoo et al., 2012).

Jako radiologickou asistentku mě zajímá problematika diagnostiky osteoporózy, ve které hraje zásadní roli zobrazovací metoda DXA. Časně odhalení osteoporózy umožňuje její efektivnější léčbu a může zabránit rozsáhlejšími zdravotním komplikacím jedince. Analýza vlivu somatických parametrů může být nápomocná v rozpoznávání rizikových pacientů pro osteoporózu. Pokud by se BIA ukázala jako vhodný nástroj pro hodnocení zdraví kostí, mělo by to velký význam ve screeningu pro efektivnější identifikaci osob s nízkým BMD.

Domnívám se, že výsledky našeho výzkumu by mohly být obohaceny již zjištěných informací o vlivech tělesného složení na kostní tkáň, a také by mohly být přínosné v ověření spolehlivosti BIA v měření obsahu kostních minerálů.

Diplomová práce se skládá ze dvou částí, z teoretické a praktické. Teoretická část obsahuje poznatky o kostní tkáni a osteoporóze. Také jsou v této části práce zahrnuty základní informace o kostní denzitometrii a bioelektrické impedanci. Je zde uveden přehled výsledků studií zabývajících se měřením kostní hustoty a zkoumáním vlivů jejich determinantů.

Praktická část je věnována metodice realizace výzkumného šetření, analýze statisticky zpracovaným výsledkům z měření a jejich interpretaci. Shrnutí výsledků se nachází v závěrečné kapitole.

#### **Vstupní studijní literatura:**

1. BROULÍK, P., 1999. *Osteoporóza: osteoporóza, osteomalacie, osteodystrofie*. Praha: Maxdorf, s. 172. ISBN 80-85800-93-4.
2. BROULÍK, P., 2009. *Osteoporóza a její léčba: průvodce ošetřujícího lékaře*. 2. vyd. Praha: Maxdorf, s. 60. ISBN 978-80-7345-176-9.
3. JENŠOVSKÝ, J., ed., 2018. *Diagnostika a léčba osteoporózy a dalších onemocnění skeletu*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, s. 218. ISBN 978-80-2463-741-9.
4. VYSKOČIL, V., 2009. *Osteoporóza a ostatní nejčastější metabolická onemocnění skeletu*. Praha: Galén, s. 507. ISBN 978-80-7262-637-3.

Při rešeršní činnosti byl použit standartní postup vyhledávání pomocí klíčových slov a Booleovských operátorů.

## ALGORITMUS REŠERŠNÍ ČINNOSTI



### VYHLEDÁVACÍ KRITÉRIA

**Klíčová slova v ČJ:** obsah minerálů v kosti, kostní hustota, osteoporóza, bioelektrická impedance, dvouenergieová rentgenová absorpciometrie, stárnutí

**Klíčová slova v AJ:** bone mineral kontent, bone mineral density, osteoporosis, bioelectrical impedance analysis, dual-energy X-ray absorptiometry, aging

**Jazyk:** český, anglický



### DATABÁZE

SpringerLink, PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, ResearchGate, Wiley Online Library



**Nalezeno 263 článků**



### VYŘAZUJÍCÍ KRITÉRIA

duplicitní články; články, které nesplnila kritéria



### SUMARIZACE VYUŽITÝCH DATABÁZÍ A DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ

**SpringerLink** – 8 článků, **PubMed** – 26 článků, **ScienceDirect** – 12 článků, **Google Scholar** – 6 článků, **ResearchGate** – 12 článků, **Wiley Online Library** – 5 článků



**Pro tvorbu teoretických východisek bylo použito 94 zdrojů - 22 českých, 72 cizojazyčných.**

# 1 TEORETICKÉ POZNATKY

V teoretické části práce najdeme poznatky, týkající se tématu práce. V kapitole jsou obsaženy stručné informace o kostní tkáni, její hustotě a s tím související osteoporóze (OP). Jsou zde uvedeny podrobnější informace o dvouenergiové rentgenová absorpciometrie (Dual X-ray Absorptiometry; DXA) měřící hustotu kostí a o bioelektrické impedanci (Bioelectrical Impedance Analysis; BIA), jakožto analyzátoru tělesného složení. Najdeme zde přehled výzkumů zabývajících se porovnáváním obou metod v měření kostních minerálů a studie zkoumající vliv některých determinantů na hustotu kostí.

## 1.1 Kostní tkáň

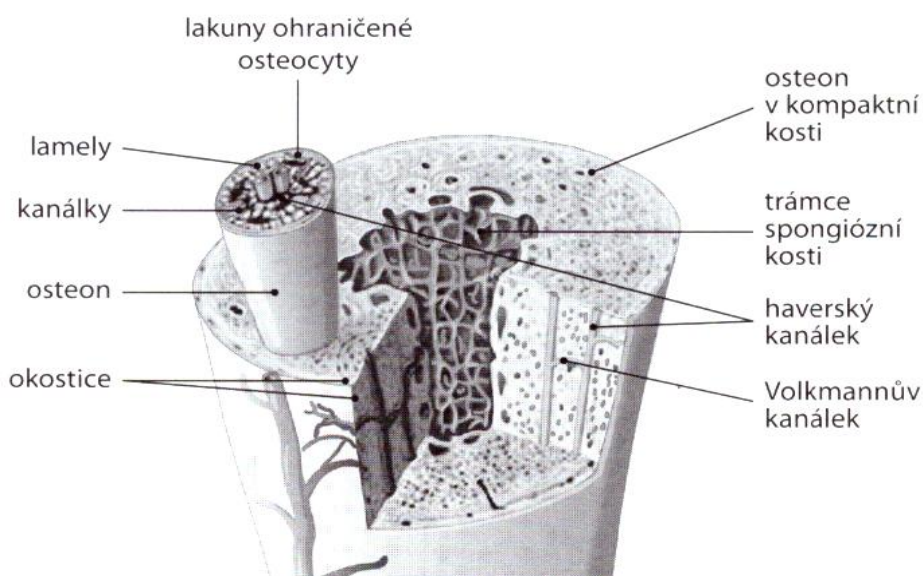
Kost je metabolickým orgánem, který se významně podílí na zajišťování homeostázy a plní další funkce v těle. Udržuje stálou hladinu kalcia, je rezervoárem minerálů a participuje na regulaci acidobazické rovnováhy. Dále podpírá a ochraňuje měkké tkáně a je sídlem kostní dřeně (Broulík, 2009, s. 9).

### 1.1.1 Stavba kosti

Kost se skládá ze specializovaných kostních buněk, z 20–40 % kostní organické hmoty, tzv. matrix (osteom), kostního minerálu (50–70 %), z vody (8–10 %). Matrix z velké části tvoří kolagen typu I a amorfni hmota obsahující glykosaminoglykany vázané s proteiny, jako jsou, osteokalcin, osteopontin, a další. Kostní minerál se ukládá do organické kostní matrix a tvoří hydrogenfosforečnan vápenatý, fosforečnan vápenatý až hydroxyapatit. Kostní minerál ale není čistý hydroxyapatit, obsahuje i další ionty (magnezia, kalia, ionty fluoridové...). Hydroxyapatitové krystaly jsou uloženy podél kolagenních fibril a jsou obaleny amorfni substancí (Jenšovský et al., 2018, s. 12–13). Kolagenní struktury určují elasticitu kosti. Stupeň mineralizace pak odpovídá pevnosti a lomivosti kosti. Další složkou kosti je buněčný systém, který zajišťuje její metabolismus (Vyskočil, 2009, s. 19). Buněčný systém tvoří osteoblasty, jejichž funkcí je výstavba kostní hmoty produkcí organických látek, tj. bílkovin (kolagen typu I), ale i anorganických složek. Po zalití osteoidem se mění v osteocyty. Osteocyty aktivně přispívají k demineralizaci, a tím udržují konstantní hladinu vápníku v krvi (Čihák, 2002, s. 21). Osteocyty jsou také mechanosenzory kosti a regulují kostní formaci i resorpci. Jejich pokles vede ke snížené schopnosti reparovat mikropoškození (Vyskočil, 2009, s. 20). Osteoklasty v dospělé populaci jsou zastoupeny jen z 1 %. Jejich

hlavní funkcí je produkovat osteolytické kyselé enzymy, které rozrušují krystaly hydroxyapatitu, a dochází tak k narušení matrix. Osteoklasty tedy stojí za resorpcí staré a funkčně nedostačující kostní tkáně (Broulík, 1999, s. 14–15). Dále do buněčného systému patří lining cells (buňky endostální vrstvy). Jde o osteoblasty v klidové formě mající plochý tvar (Adam et al., 2005, s. 24). Vytvářejí ochrannou vrstvu, účastní se remodelace a plní s osteocyty monitorovací funkci (Vyskočil, 2009, s. 21).

Podle uspořádání a průběhu mineralizovaných kolagenních vláken v matrix se rozlišují dva typy kostní tkáně: kost vláknitá a kost lamelární. Vlákenná kost je považována za nezralou formu kosti. Pro lamelární kost je charakteristické paralelní uspořádání vláken v lamely. Rozeznáváme dva druhy lamelární kosti: kortikální a trámčitou. Kortikální kost tvoří diafýzy kostí a sestává se z lamel soustředně uspořádaných kolem centrálního kanálku (Haversův kanálek), kterým probíhají krevní, mízní a nervová vlákna. Lamely jsou uspořádané do válcovitých útvarů, tzv. osteonů. Haversovy systémy jsou propojeny příčně probíhajícími tzv. Volkmannovými kanálkami. Dutina v těle diafýzy kosti je vyplněna kostní dřeví (Obrázek 1). Trámčitá kost (trabekulární, spongiózní) se obvykle nalézá v epifýzách dlouhých kostí, uvnitř obratlových těl, pánve a dalších velkých plochých kostí. Trámčitá kost se skládá ze sítě propojených kostních trámečků, které se přestavují do směru největšího mechanického zatížení. Povrch kostí je kryt na vnitřní straně kolagenním vazivem nazývaným endost. Periost je tuhá vazivová vrstva na vnějším povrchu kosti (Jenšovský et al., 2018, s. 13–15).



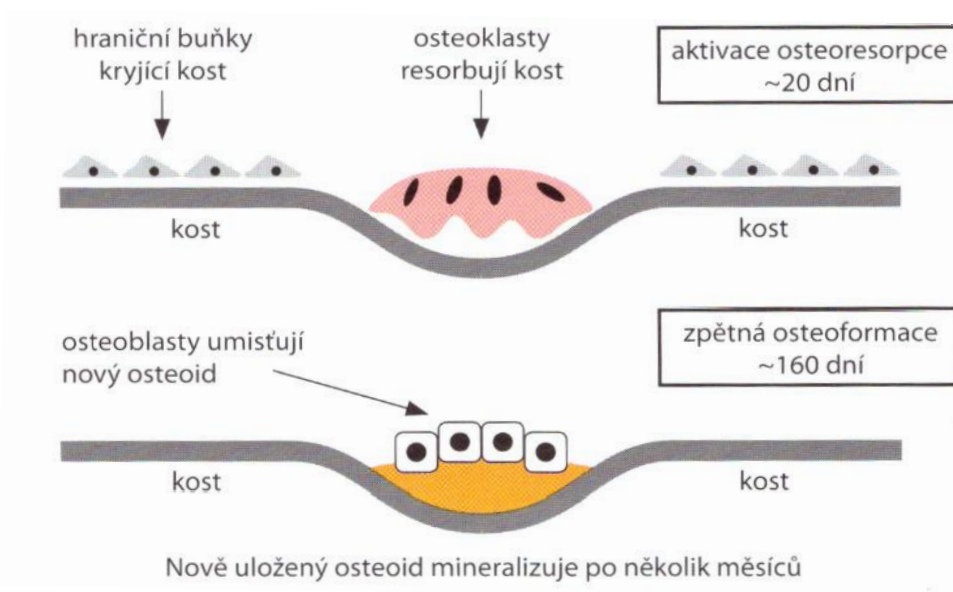
**Obrázek 1.** Anatomie kosti – složení trámčité a kortikální kosti, její struktura a cévní zásobení

Zdroj: Vyskočil (2009, s. 16)

### 1.1.2 Kostní remodelace

Kostra člověka prochází nepřetržitou přestavbou po celý život. Přestavba kostí zahrnuje odstranění mineralizované kosti a tvorbu kostní matrix. Remodelace slouží k úpravě architektury kosti tak, aby vyhovovala měnícím se mechanickým potřebám a pomáhá opravovat mikrotraumata v kostní matrix, což zaručuje obměnu starých kostí. V případě homeostázy je resorpce s novotvorbou v rovnováze (Hadjidakis a Androulakis, 2006). V rostoucí kostře se vyskytuje remodelace s kladnou bilancí, kdy novotvorba kosti převažuje nad resorpcí (Jenšovský et al., 2018, s. 26). Během stárnutí však dochází k bilanci negativní. Remodelace neprobíhá v trámčité a kortikální kosti stejně rychle. Přestavba kortikální kosti je 10krát pomalejší než v kosti trámčité. Trámčitá kost je charakteristická vysokým metabolismem s přestavbou kostí 25 % za rok. Úbytek kostní hmoty se v trámčité kosti v porovnání s kompaktní projeví dříve (Vyskočil, 2009, s. 15–17). Kostní remodelace probíhá na površích trámčité i kortikální kosti v ohraničených mikroskopických úsecích skeletu, v tzv. základních mnohobuněčných jednotkách (Basic Multicellular Unit, BMU). Každou BMU tvoří týmy specializovaných kostních buněk (Jenšovský et al., 2018, s. 26).

Celý cyklus obměny probíhá ve 3 fázích: resorpce, fáze zvratu a fáze novotvorby. Fáze resorpce trvá přibližně 2 týdny a zahrnuje vázání osteoklastů na povrch kosti, resorpci kosti lysozomálními enzymy a proteolýzu kostní matrix a hydroxyapatitových krystalů. Po dokončení osteoklastické resorpce dochází k fázi zvratu trvající až pět týdnů, kdy se na povrchu kosti objevují mononukleární buňky. Tyto buňky připravují povrch pro nové osteoblasty. Následuje novotvorba osteoblasty, které pokládají kost, dokud není resorbovaná kost zcela nahrazena novou. Po dokončení této fáze se povrch pokryje zploštělými výstelkovými buňkami, dokud nezačne nový cyklus remodelace (Obrázek 2). Fáze formace může trvat 4 měsíce (Hadjidakis a Androulakis, 2006).



**Obrázek 2. Kostní remodelace**

Zdroj: Vyskočil (2009, s. 22)

### 1.1.3 Mineralizace kosti a hormonální řízení

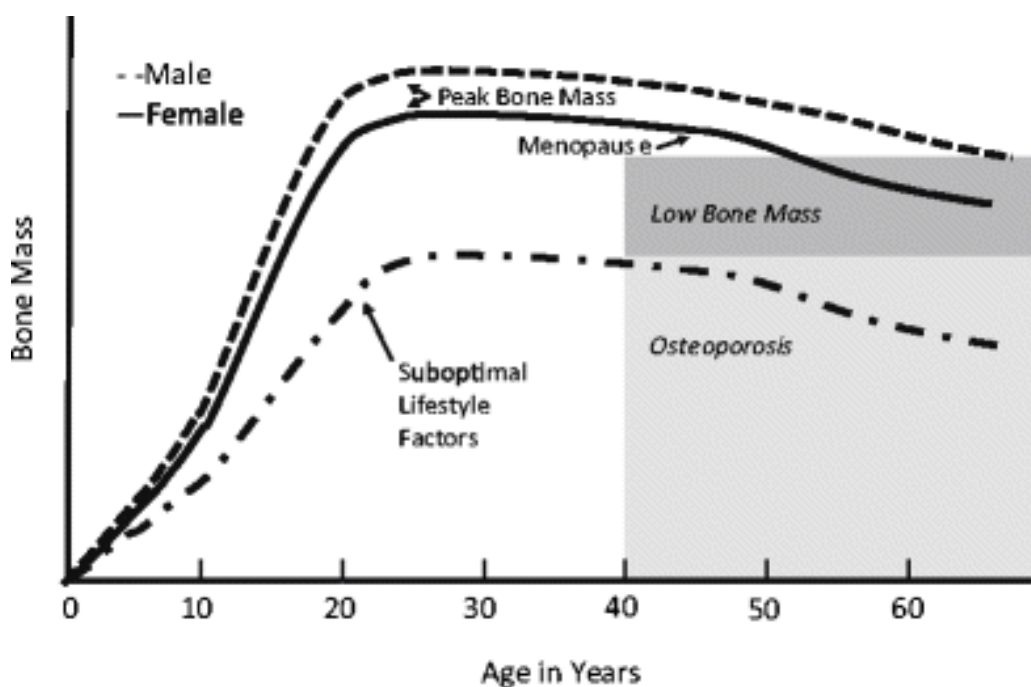
Pro kostní mineralizaci je nezbytné, aby v kostním prostředí byl zajištěn příznivý poměr vápníku a fosfátů (Jenšovský et al., 2018, s. 28). Primární mineralizace nově vytvořené matrix začíná přibližně po 5 až 10 dnech po depozici. Vytvoří se při ní zhruba 50 % celkové mineralizace, která je dokončena v průběhu sekundární mineralizace. Sekundární mineralizace začíná po ukončení cyklu remodelace a vede ke zvýšení obsahu minerálů v kostní matrix. Charakteristické pro tento proces je vyzrávání minerální komponenty, zvýšení počtu a velikosti krystalů. Stupeň mineralizace závisí na rychlosti remodelace (Vyskočil, 2009, s. 19). Prvním krokem je vytvoření hydroxyapatitu ve vezikulách osteoblastů. Ve vezikulách se hromadí anorganické ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a anorganický fosfor. Tyto vezikuly uvolňují krystaly hydroxyapatitu do extracelulární tekutiny, kde nadále rostou. Promotorem mineralizace je alkalická fosfatáza (ALP) produkovaná osteoblasty. Kostní ALP hydrolyzuje extracelulární pyrofosfát. Současná exprese ALP a kolagenu typu I přímo podporuje ukládání hydroxyapatitu do kostní matrix. Na mineralizaci působí příznivě vitamin D, který udržuje homeostázu vápníku a fosfátů v organismu. Lokálními inhibitory mineralizace jsou např. anorganický pyrofosfát a osteopontin. Hlavními systémovými regulátory kalciového a fosfátového metabolismu a kostních buněk jsou tzv. kalcotropní hormony, parathormon (PTH), kalcitriol a kalcitonin. Systémově na kostní metabolismu působí také růstový hormon a IGF-I (inzulinu podobný růstový faktor I), glukokortikoidy, hormony štítné žlázy a pohlavní hormony. Estrogeny ovlivňují vývoj kostry u žen i mužů.



Jsou nezbytné pro uzavření epifýz a v pozdní pubertě snižují kostní obrat inhibicí resorpce kosti (Jenšovský et al., 2018, s. 28–30). Estrogeny mají antiresorpční efekt na skelet. Androgeny zrychlují růst kortikální a trámčité kosti nejen u chlapců, ale i dívek a u mužů zvyšují rozměry skeletu (Žofková, 2012). Lokální účinky na kostní metabolismus mají prostaglandiny a cytokiny (Jenšovský et al., 2018, s. 29–30).

#### 1.1.4 Vývoj kostní hmoty a determinanty maximální kostní hmoty

Modelace skeletu, respektive novotvorba je proces, který probíhá převážně v období růstu skeletu. Vyznačuje se tím, že osteoblastická činnost přímo nenavazuje na resorpční aktivitu osteoklastů. V dospělosti modelace probíhá pouze na periostálním povrchu kosti v reakci na mechanickou zátěž (Jenšovský et al., 2018, s. 26). Proces modelace začíná během fetálního růstu a pokračuje až do uzavření růstových šěrbin, tzv. fúze epifýz, obvykle do konce druhého desetiletí života jedince. Některé vlastnosti skeletu, jako je kortikální hustota a pevnost se nadále zvyšují až do třetí dekády života. Kvantitativně se množství kostního minerálu získaného od narození do dospělosti řídí odlišnými vzory specifickými pro věk a pohlaví (Obrázek 3), (Weaver et al., 2016).



**Obrázek 3.** Kostní hmoty v průběhu života s optimálním a neoptimálním životním stylem

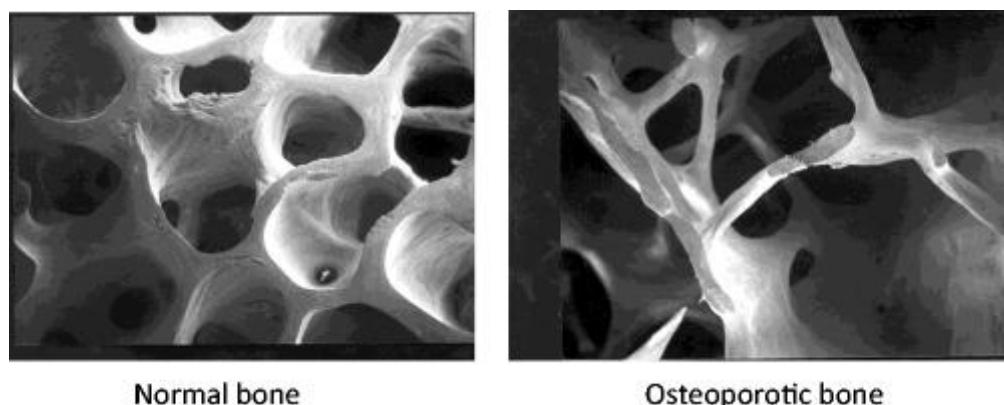
Zdroj: Weaver (2016, s. 1283)

Chlapci a dívky předškolního věku mají objem kostní hmoty srovnatelný. Ale již v 7 letech mají chlapci o 4,5 % více kostní hmoty než dívky. Již v tomto věku je významným prediktorem kostní hmoty svalová tkáň. K výrazné pohlavní diferenciaci ve vývoji kosti dochází v období puberty, kdy u chlapců vlivem testosteronu dochází k rychlejšímu nárůstu svalové hmoty, a také se u nich výrazněji zvětšují rozměry kosti než u dívek (Žofková, 2012). K nejvyšší rychlosti přírůstku kostní hmoty dochází u dívek ve věku 12,5 let a u chlapců ve 14. roce (Vyskočil, 2009, s. 309). Júnior et al. (2013) se s Vyskočilem (2009, s. 27) shodují na tom, že dětství a dospívání jsou klíčové fáze života, během kterých je určena hustota kostí v dospělosti (Bone Mineral Density; BMD) a negativní vlivy na její vývoj mohou ohrozit zdraví kostí a vést k rozvoji OP v dospělém věku. Maximálního vrcholu kostní hmoty (Peak Bone Mass; PBM) je dosaženo na páteři a proximální stehenní kosti ve věku 20–25 let u mužů i žen (Carey a Delaney, 2010). Celkové množství kostní tkáně je u mužů vyšší než u žen. Okolo 30. roku dochází k negativní kostní bilanci. Pokles činí 1 % ročně nezávisle na pohlaví. U postmenopauzálních žen v důsledku snížení hladiny estrogenu dochází až ke 4% ztrátám kosti ročně a až 40 % kostního objemu ženy ztrácejí mezi 40. až 70. rokem života. Muži v tomto období ztrácejí pouze 12 % kostního objemu (Vyskočil, 2009, s. 27–28). Množství vápníku na jednotku hmotnosti kostní tkáně, tedy výška PBM je určena geneticky. Ovšem vlivy prostředí se podílejí na tom, zda organismus dosáhne tohoto maxima. Jakékoliv onemocnění nebo rizikové faktory, které postihují růst či mineralizaci kosti v dětství a dospívání, mají závažnější důsledky než v dospělosti. Na hustotu kostí má v období růstu pozitivní vliv fyzická aktivita dostatečný příjem vápníku (minimálně 1 000 mg denně), (Vyskočil, 2009, s. 27–28). Jenšovský et al. (2018, s. 35–36) řadí mezi další modifikovatelné faktory vývoje a stavu skeletu také trvání doby kojení, příjem stopových prvků a vitamínů, expozici nikotinu, alkoholu či hormonální antikoncepci. Mezi nemodifikovatelné determinanty PBM patří dědičnost, etnickým původ, pohlaví a začátek puberty. Zdá se, že dřívější nástup puberty má pozitivní vliv na dosažení vyššího BMD (Weaver et al., 2016).

## 1.2 Osteoporóza

Slovo „osteoporóza“ (OP) se dá doslova vyložit jako porézní kost, což znamená, že hustota kostí je nízká a kosti jsou tenké (Obrázek 4), (Bartl a Bartl, 2019, s. 93–94). OP jako termín byl poprvé definován Fullerem Albrightem v 50. letech 20. století jako příliš malá kost (Garg a Kharb, 2013). Na počátku 90. let definovalo konsensuální setkání Světové zdravotnické organizace (World Health Organization ; WHO) osteoporózu jako: „*systémovou*

*kosterní poruchu charakterizovanou nízkou kostní hmotou a mikroarchitekturálními odchylkami kostní tkáně, s následným zvýšením křehkosti kostí a náchylnosti ke zlomeninám,*“ (Consensus development conference, 1993, s. 646). Z National Institutes of Health Consensus Development panelu pro osteoporózu v roce 2001 vyšla tato definice: „*Osteoporóza je definována jako porucha skeletu charakterizovaná sníženou pevností kostí predisponující osobu ke zvýšenému riziku zlomeniny,*“ (Lorentzon a Cummings, 2015, s. 650). S přihlédnutím k multifaktoriální povaze křehkosti kostí však WHO a Mezinárodní nadace pro osteoporózu vydaly v roce 2007 aktualizovaný dokument, ve kterém sdělují, že OP je diagnostikována podle absolutního individuálního 10letého rizika zlomeniny na základě nezávislých rizikových faktorů (Bartl a Bartl, 2019, s. 93–94).



**Obrázek 4.** Mikrofotografie normální vs. osteoporotické kosti

Zdroj: Cosman (2014, s. 2362)

### 1.2.1 Projevy osteoporózy

Osteoporózu z počátku nedoprovází žádné klinicky významné symptomy. První a nejčastější klinickou manifestací toho onemocnění bývají nízkotraumatické zlomeniny. Dalšími projevy mohou být bolesti zad, deformity páteře a snížení tělesné výšky, omezení hybnosti, kloubní a svalová slabost, únava a obvykle dochází ke zlomeninám obratlových těl. Se zmíněným typem zlomenin se častěji potýkají ženy. Často dochází také ke zlomenině distálního předloktí (tzv. Collesova zlomenina), žeber a proximálního humeru (Vyskočil, 2009, s. 43–44). Nejsou výjimkou ani zlomeniny krčku stehenní kosti, které představují nejzávažnější komplikaci OP. Léčba takové zlomeniny si vyžaduje hospitalizaci a nákladnou péči (Broulík, 2009, s. 12).

## 1.2.2 Klasifikace a rizikové faktory osteoporózy

Osteoporózu lze rozdělit podle faktorů ovlivňujících metabolismus kostí do dvou hlavních skupin:

- primární,
- sekundární.

**Primární osteoporóza** se dělí do dvou podskupin. Jedná se o involuční osteoporózu typu I, známou jako postmenopauzální OP a involuční osteoporózu typu II, nazývanou senilní.

Postmenopauzální osteoporóza je typem OP s nevyšší prevalencí jak v České republice, tak Evropě. Tento typ OP postihuje asi čtvrtinu žen nad 50 let a dominantně jde o postižení trabekulární kosti, tedy obratlů (Studýnková, 2015). Ztráta kostní tkáně není u těchto žen způsobena pouze vlivem přirozeného stárnutí, ale je urychlena i snižující se hladinou estrogenů. Jedná se o vysokoobratovou OP, u které zrychlenou osteoklastickou aktivitu ani zvýšená činnost osteoblastů nedokáže kompenzovat (Öztürk, Ozturk-Isik a Ülgen, 2018). Nedostatek estrogenu tedy má vliv na zvýšenou kostní resorpci, ale fyziologický proces novotvorby není narušen. Riziko zlomenin je u postmenopauzálních žen nepřímě úměrné hladině estrogenu (Vyskočil, 2009, s. 7–8).

Druhý častý typ osteoporózy je senilní. Je způsoben nedostatečně vysokou aktivitou osteoblastů, která s věkem upadá. Tento typ OP se projeví ztenčováním kortikální kosti (Studýnková, 2015). Jde o stav zapříčiněný také nízkým příjmem kalcia a vitamínu D. Pokles BMD pak způsobuje vyšší riziko zlomenin nejčastěji proximálního femuru u obou pohlaví (Broulík, 2009, s. 19–20).

Za vznikem **sekundární osteoporózy** stojí různé nemoci, léky a špatný životní styl (Sozen, Ozisik a Basaran, 2017). Mezi nejvýznamnější známé prediktory osteoporotických zlomenin patří radiograficky diagnostikované zlomeniny obratlů a BMD z DXA (Oei et al., 2016). Další významné a vedlejší faktory OP jsou uvedeny v tabulce 1.

Nejčastějším typem sekundární OP je glukokortikoidy indukovaná osteoporóza. Je navozena farmakologicky při léčbě neinfekčních chronických onemocněních, jako je astma, chronické plicní onemocnění, revmatické problémy a zánětlivé střevní onemocnění (Vyskočil, 2009, s. 248). Odhaduje se, že k OP dochází až u 50 % pacientů, kteří se léčí glukokortikoidy po dobu 6 měsíců nebo déle. K úbytku kostní tkáně dochází mnohočetnými mechanismy, jako je například inhibice osteoblastů, osteocytů a zvýšená osteoklastická aktivita. Riziko zlomenin koreluje s denní a kumulativní dávkou glukokortikoidů. U těchto

pacientů je vyšetření DXA vyžadováno každoročně, v ojedinělých případech i dřív (Tanner a Moore, 2012).

**Tabulka 1. Rizikové faktory osteoporózy (Vyskočil, 2009, s. 33)**

Hlavní rizikové faktory	Vedlejší rizikové faktory
věk nad 65 let	revmatoidní artritida
kompresivní zlomeniny obratlů	klinická hyperthyreóza
osteoporotická zlomenina v rodinné anamnéze (zvláště zlomeniny kyčle matky)	chronická antikonvulzivní terapie
systémová terapie glukokortikoidy delší než 3 měsíce	nízký příjem vápníku v potravě
malabsorpční syndrom	kouření
primární hyperparathyreóza	nadměrné pití alkoholu
náchylnost k pádům	nadměrný příjem kofeinu
osteopenie patrná na RTG	úbytek hmotnosti více než 10 % oproti hmotnosti ve věku 25 let
předčasná menopauza (před dosažením věku 45 let)	chronická terapie heparinem

Legenda: RTG – rentgen

### 1.2.3 Léčba osteoporózy

Cílem léčby již rozvinuté OP je zastavení nebo snížení úbytku kostní hmoty pacienta. Primární osteoporózu vyléčit nejde, protože spojení trámců a oprava mikroarchitektury kosti je nemožná. Terapie však může nemocnému pomoci zmírnit obtíže a zastavit další progresi nemoci (Broulík, 1999, s. 82).

Léčba sekundární osteoporózy vychází z léčby příčiny, vyvolávající řídnutí kostí. Léčba osteoporotického pacienta se opírá o hodnoty BMD, o míru osteoresorpce a osteoformace a v neposlední řadě o anamnézu zlomenin. Opakované vyšetření DXA lze provést nejdříve po roce, kdy je možné zaznamenat signifikantní změny v denzitě. Cílem léčby není jen zamezit snížení BMD či dosáhnout jeho zvýšení, ale hlavním cílem je prevence zlomenin (Růžičková, 2017). Korsa a Němcová (2008, s. 165) kladou důraz na důležitost včasné diagnostiky a komplexnost terapie. Terapie má dvě složky: farmakologickou a nefarmakologickou. Do léčby tedy spadá dietní opatření, medikamentózní léčba, ale také tělesná aktivita, dostatečný příjem vápníku a vitamínu D. První volbou v terapii OP jsou bifosfonáty, dále denosumab, pro pacienty s pokročilým stádiem nemoci pak deriváty PTH (Růžičková, 2017).

### 1.3 Přehled vyšetřovacích metod osteoporózy

Správná diagnóza osteopatie je klíčová vzhledem k správnému nastavení léčby. K diagnostice jsou k dispozici zobrazovací, biochemické a histochemické metody. Možnosti diagnostických metod při podezření na osteoporózu shrnuje tabulka 2.

*Tabulka 2. Diagnostické metody osteoporózy (Broulík, 2009, s. 18)*

<b>Metoda</b>	<b>Poznámky</b>
Kostní denzitometrie	<ul style="list-style-type: none"><li>• zlatý standard pro diagnózu OP</li><li>• kvantitativní měření BMD</li><li>• kontroluje účinnost léčby</li></ul>
RTG vyšetření	<ul style="list-style-type: none"><li>• umožňuje diagnostiku OP o více než 30 %</li><li>• normální RTG nález nevylučuje OP</li><li>• hodnocení OP z RTG snímků je velice individuální</li><li>• umožňuje potvrzení osteoporotické zlomeniny</li><li>• umožňuje dif. dg. dalších onemocnění kostí</li></ul>
Kostní scintigrafie	<ul style="list-style-type: none"><li>• umožňuje odhalit čerstvé zlomeniny</li><li>• zlepšuje dg. dalších příčin kostní bolesti</li></ul>
Kostní biopsie	<ul style="list-style-type: none"><li>• umožňuje dg. u nejasných nálezů</li></ul>
Magnetická rezonance	<ul style="list-style-type: none"><li>• odhaluje dřevňový otok u čerstvé zlomeniny</li><li>• umožňuje dg. zlomenin neviditelných na RTG</li></ul>
Biochemické markery osteoresorpce a novotvorby kosti	<ul style="list-style-type: none"><li>• vypovídají o celotělové rychlosti osteoresorpce a novotvorby kosti</li><li>• identifikují nemocné neodpovídající na léčbu</li></ul>

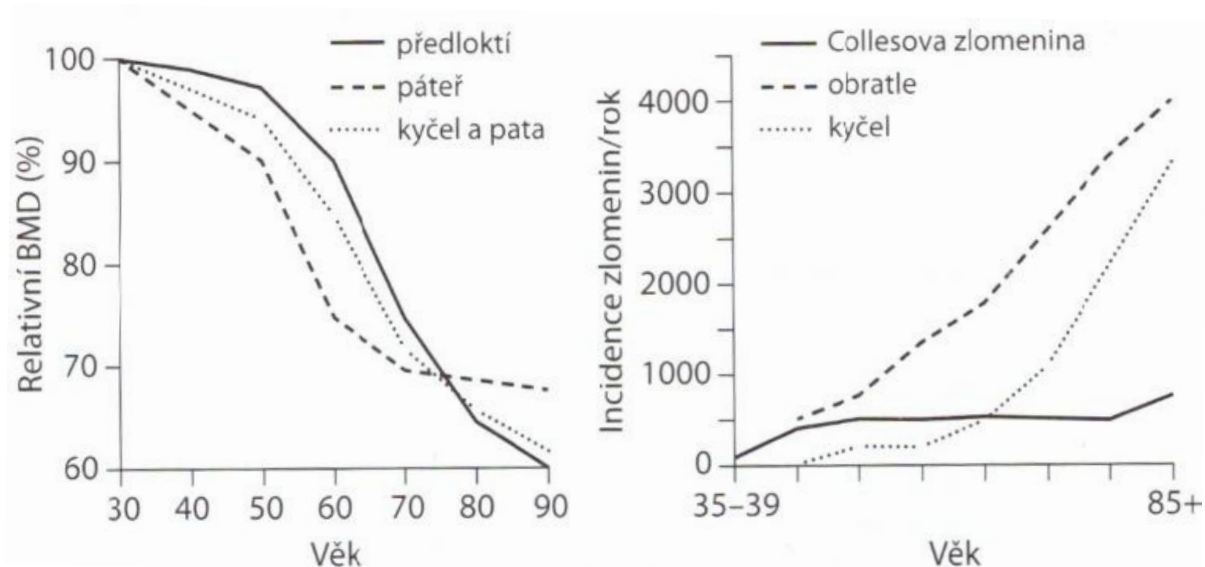
Legenda: Legenda: BMD – kostní hustota, OP – osteoporóza, RTG – rentgen

Kostní denzitometrie je založena na absorpciometrii rentgenového záření (RTG záření). Absorpciometrie představuje způsob stanovení BMD a obsahu minerálu v kosti (Bone Mineral Content; BMC). Metoda jednofotonové absorpciometrie je nejvhodnější pro zobrazování periferního skeletu (předloktí), kde skelet není obklopen příliš velkým množstvím měkkých tkání. Výpovědní hodnota takového vyšetření je však různá v závislosti na vyšetřované oblasti a je nízká v počátečních stádiích OP, kdy ubývá hlavně trabekulární kosti (Vyskočil, 2009, s. 52). Za zlatý standard pro diagnostiku OP je považována DXA, a BMD kyčle vstupuje do algoritmu predikce zlomenin FRAX (Fracture Risk Assessment Tool), (Tanner a Moore, 2012). DXA je využita v této práci, a proto je o ni podrobněji napsáno v následující kapitole.

### 1.3.1 Dvouenergiová rentgenová absorpciometrie

DXA se využívá pro stanovení nebo vyvrácení OP, k předpovědi rizika zlomenin a monitorování efektu léčby pacientů (Cosman et al., 2014). DXA je založena na odlišném prostupu vysokoenergetických a nízkoenergetických RTG paprsků záření měkkou tkání a kostí pacienta. Počátky DXA sahají do 80. let 20. století. Od této doby však denzitometry prodělaly technologický pokrok, který spočívá především v obměně tvaru RTG paprsku. Vývoj směřoval od tužkového paprsku s jedním detektorem přes vějířovitý paprsek se sadou detektorů s výhodou krátkého skenovacího času, ale vyššími radiačními dávkami. Další nevýhodou je fakt, že dochází ke zvětšování skenovaných struktur, a to vede ke zkreslení BMC. Přístroje s vějířovitým paprsek ovšem disponují lepším rozlišením. Proto došlo k technologickému kompromisu a nejmodernější přístroje využívají přímočaré skenování s ventilátorovým svazkem RTG záření. Kromě toho se svazky při průchodu tělem překrývají, následně se skeny rekonstruují, což vede k minimalizaci zvětšujícího účinku (Toombs et al., 2012).

Při pronikání fotonů tkáněmi pacienta, dochází k fyzikálním interakcím, které snižují intenzitu RTG svazku. Na základě odlišných koeficientů zeslabení pro různé energie a různé tkáně, počítač určí průměrnou denzitu v měřené oblasti kosti (Vyskočil, 2009, s. 59). DXA ve skutečnosti měří BMC a plochu vyšetřované oblasti (Area,  $\text{cm}^2$ ). Tato čísla se pak využívají pro výpočet BMD. BMD se vyjadřuje v absolutních hodnotách gramů minerálů na čtvereční skenovaný centimetr ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ), (Carey a Delaney, 2010). Tato metoda umožňuje měřit celotělové BMD i různé tělesné oblasti (Vyskočil, 2009, s. 53). Obvykle se pro diagnostiku OP měří obratlová těla (L1–L4), předloktí, krček femuru a kyčel. Oblast trochanterická a Wardův trojúhelník se pro diagnostiku nepoužívá. Každé z těchto míst má stejnou predikční schopnost pro určení rizika zlomenin. Hodnoty BMD střední třetiny radia, se využijí podle WHO kritérií pro OP jen tehdy, jsou-li ostatní oblasti, tzn. páteř a obě kyčle, pro hodnocení nepoužitelné. Tato oblast mívá mnohem nižší BMD než ostatní referenční oblasti. Ztráta kosti s věkem je v oblastech přibližně stejná, nicméně o něco větší je v oblasti páteře a kyčle (Obrázek 5). Platí, že čím je nižší BMD, tím je vyšší riziko zlomeniny (Obrázek 5), (Vyskočil, 2009, s. 28–30, 52–53, 72).



**Obrázek 5.** Pokles BMD v jednotlivých oblastech a riziko zlomenin v závislosti na věku  
Zdroj: Vyskočil (2009, s. 30)

Pro přesné měření je nutné, aby byl přístroj kalibrovaný a laborant je povinen provádět periodické skenování fantomu, což poskytuje informace o stabilitě přístroje. Nejčastěji je fantom ve tvaru páteře (Vyskočil, 2009, s. 61, 79–83).

S používáním konvenčního denzitometru jsou spojeny některé nevýhody přístroje. Jde o nákladný přístroj, který vzhledem ke své hmotnosti je stacionární. Zařízení musí také obsluhovat vyškolený personál, který pacienta správně napolohuje a vyšetří (Lundin et al., 2015). Nevýhodou vyšetření je také fakt, že je spojeno s velmi malou dávkou, která může představovat omezení pro určité populace, např. těhotné ženy a malé děti (Von Hurst et al., 2016). Nicméně tato metoda vykazuje ze všech in vivo metod nejlepší korelaci k riziku fraktur (Kasalický, 2002), je objektivní, rychlá, spolehlivá s nízkou expoziční dávkou (Lorente, 2012).

#### 1.4 Interpretace výsledků měření kostní hustoty

Hodnoty BMD jsou klinicky přínosné pouze srovnáním s normativními údaji. Hlavní výrobci centrálních zařízení DXA (Lunar, Hologic, Norland) poskytují rozsáhlé referenční databáze svých strojů. Metodické popisy získávání těchto databází lze nalézt v návodech k obsluze zařízení (Bonnick, 1998). Výrobci využívají datového souboru NHANES III, nebo vlastní referenční data. U zařízení Lunar je možnost volby referenční populace. Pro střední Evropu, včetně nás, je vhodná německá referenční populace (Kasalický, 2002). Databáze



hodnot BMD mužů a žen různých etnik a věku pak slouží jako referenční údaje pro stanovení T-skóre a Z-skóre (Broulík, 2009, s. 15). Výsledek daného pacienta lze vyjádřit také jako procento normálních hodnot BMD sestavených podle věku (the age-matched normal BMD; AMN), nebo jako procento normální BMD u mladého člověka (the young normal BMD; YN), (Broulík, 2009, s. 15).

$$\text{normální BMD dle věku v \%} = \left(1 + \frac{\text{BMD}-\text{AMN}}{\text{AMN}}\right) \times 100 \%$$

$$\text{normální BMD u mladých lidí v \%} = \left(1 + \frac{\text{BMD}-\text{YN}}{\text{YN}}\right) \times 100 \%$$

Legenda: *BMD* – kostní hustota, *AMN* – referenční hodnota kostní hustoty k danému věku,  
*YN* – referenční hodnota kostní hustoty mladého člověka

Změřené BMD konkrétního pacienta může být vyjádřeno také jako standardní odchylka nad nebo pod průměrem BMD referenční populace. Odchylky se označují jako T-skóre a Z-skóre (Broulík, 2009, s. 15).

Z-skóre je odvozeno pro věkově srovnatelnou skupinu stejného pohlaví a rasy. Vypočítá se následovně:

$$Z = \frac{\text{BMD}-\text{AMN}}{\text{SD}}$$

Legenda: *Z* – Z-skóre, *BMD* – kostní hustota, *AMN* – referenční hodnota kostní hustoty k danému věku,  
*SD* – směrodatná odchylka

T-skóre je odvozeno srovnáním BMD pacienta s BMD u mladého člověka při maximální kostní hmotě stejného pohlaví. Vypočítá se následovně:

$$T = \frac{\text{BMD}-\text{YN}}{\text{SD}}$$

Legenda: *T* – T-skóre, *BMD* – kostní hustota, *YN* – referenční hodnota kostní hustoty mladého člověka,  
*SD* – směrodatná odchylka

BMD klesá s věkem člověka, a proto se se zvyšujícím věkem očekává odpovídající pokles T-skóre, zatímco Z-skóre se snížit nemusí, protože porovnává BMD daného člověka s jeho vrstevníky (Carey a Delaney, 2010). Dá se říci, že T-skóre má hodnotu diagnostickou, zatímco Z-skóre hodnotu terapeutickou (Broulík, 2009, s. 15).

### 1.4.1 Kvantifikace osteoporózy dle WHO

Světová zdravotnická organizace na základě studie provedené na postmenopauzálních bělošských ženách, definovala osteoporózu jako T-skóre  $-2,5$  (Tabulka 3). Definice je základem pro intervenci (Kasalický, 2002) a je využitelná pro BMD naměřenou na jakémkoliv místě skeletu (Vyskočil, 2009, s. 77–78). Nízká kostní hmota – osteopenie byla definována jako hodnota BMD více než 1 až 2,5 SD, pod průměrnou hodnotou zjišťovanou u mladé zdravé referenční populace (Lorentzon a Cummings, 2015).

Těžká OP označuje stav kostí, kdy T-skóre je rovno nebo nižší než hodnota 2,5 pod hodnotami zdravé referenční populace a pacient má v anamnéze osteoporotickou zlomeninu.

T-skóre vyšší než  $-1$  označuje normální hustotu kostí (Hála, 2005).

Hodnota T-skóre se používá k diagnostice OP převážně u postmenopauzálních žen a mužů nad 50 let. Z-skóre se především používá u premenopauzálních žen, u mužů do 50 let a dětí a adolescentů do 20 let (Lorente, 2012). Hodnota Z-skóre  $-2$  nebo nižší se označuje jako: nižší minerální hustota, než se očekává v daném věku. Hodnoty nad  $-2$  jsou definovány jako: očekávané vzhledem k věku (Sozen, Ozisik a Basaran, 2017).

**Tabulka 3.** WHO definice osteoporózy založená na BMD (Cosman et al., 2014, s. 2362)

Klasifikace	BMD	T-skóre
Normální kostní hmota	Do 1,0 SD v porovnání s normálním průměrem zdravé mladé populace	0 až $-1,0$
Nízká kostní hmota – osteopenie	Mezi 1,0 a 2,5 SD pod hodnotou normálu	mezi $-1,0$ až $-2,5$
Osteoporóza	2,5 SD nebo méně pod hodnotu normálu	$-2,5$ a méně
Těžká osteoporóza	2,5 SD nebo méně pod hodnotu normálu	$-2,5$ a méně s jednou nebo více zlomeninami ze zvýšené lomivosti

Legenda: BMD – kostní hustota, SD – směrodatná odchylka

Přestože jsou kritéria WHO zásadní pro stanovení OP, neměly by se používat jako jediný determinant rozhodující o léčbě (Cosman et al., 2014).

## 1.5 Přehled metod analýzy složení lidského těla

Lidské tělo je na molekulární úrovni složeno především z těchto čtyřech složek: voda, tuk, bílkoviny a minerály. V těle jsou zastoupeny v uvedeném pořadí v klesajícím množství (Borga et al., 2018). Pro zdraví člověka, je důležité, aby byly v rovnováze. Analýza složení těla kvantifikuje jednotlivé zastoupení látek v těle, a umožňuje tak dosáhnout uváženější zdravotní péče (InBody 230 User's Manual, 1996). Pro hodnocení tělesného složení je k dispozici mnoho technik. Metody se od sebe liší náročností a použitelností pro klinické využívání (Ling et al., 2011). Mezi možné metody analýzy složení těla patří: antropometrické měření, bioelektrická impedance, hydrodenzitometrie, pletysmografie, stanovení celkového tělesného draslíku, izotopová diluční metoda, kreatininurie, ultrazvuk, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, a také denzitometrie (Talová, 2019). Denzitometri a bioimpedanci je v této práci věnováno více pozornosti, protože se v ní nebo dohledaných studiích uplatňují. Ostatní metody jsou zde vypsány pro úplnost informací.

### 1.5.1 DXA jako metoda hodnocení složení těla

DXA není jen metodou měření BMD, ale stala se mezinárodně uznávanou a metodou pro hodnocení složení těla. Poskytuje přesné hodnoty kostního minerálu, tuku (Fat Mass; FM) a tukuprosté tělesné hmoty (Fat-Free Mass; FFM) jak na celotělové úrovni, tak regionálně. Jde o tzv. tříúrovňový model tělního složení (Marra et al., 2019). Zavádějící u tohoto měření může být, že DXA předpokládá konstantu hydratace štíhlé hmoty (LM; Lean Mass), což v praxi je obtížně dodržitelné (Borga et al., 2018).

### 1.5.2 Bioelektrická impedanční analýza

BIA je založena na vlastnosti těla vést elektrický proud (Beato, 2019). Bioimpedance, je definována jako schopnost biologické tkáně bránit průchodu elektrického proudu (Kyle, 2004). Beato (2019) uvádí, že průchod elektrického proudu pacientem s nízkou amplitudou, který je pro něj neškodným, umožňuje měřit hodnoty rezistence a reaktance pro predikci FFM, FM, celkové tělesné vody (Total Body Water; TBW) zahrnující extracelulární vodu (Extra-Cellular Water; ECW) a intracelulární vodu (Intra-Cellular Water; ICW). Metoda BIA je založena na skutečnosti, že lidské tělo se skládá z vodičů a nevodičů. FM je považován za nevodič elektrického proudu a FFM je považována za vodivý objem, který umožňuje průchod elektrického proudu díky iontům v tělesné tekutině (InBody 230 User's Manual, 1996).

Bioimpedanční vlastnosti těla jsou funkcí složení těla, a tedy i obsahu minerálů v kostech (Öztürk, Ozturk-Isik a Ülgen, 2018).

Studie elektrických vlastností biologických tkání probíhají od konce 18. století. Nejdříve se komerčně dostupnými stala celá řada jednofrekvenčních analyzátorů a v 90. letech se na trhu objevilo několik vícefrekvenčních zařízení BIA (Kyle, 2004).

Klasická metoda BIA měří celotělovou impedanci za předpokladu, že lidské tělo považujeme za válec. Impedance je z elektrického hlediska překážka kladena toku střídavého proudu. Bioimpedance je určena odporem a reaktivitou, podle vzorce:

$$Z = R + X_c$$

Legenda:  $Z$  – bioimpedance,  $R$  – odpor (rezistence),  $X_c$  – reaktivita

Odpor je určen velikostí válce, který lze vyjádřit následovně:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Legenda:  $R$  – odpor válce,  $\rho$  – měrný elektrický odpor,  $L$  – délka válce,  $A$  – plocha průřezu

Odpor je způsoben celkovým obsahem vody a reaktivita je důsledek kapacity buněčné membrány. Odhad složení těla pomocí měření bioimpedance je založen na stanovení tělesného objemu ( $V_b$ ).

$$V_b = \rho \frac{L^2}{R}$$

Legenda:  $V_b$  – tělesný objem,  $\rho$  – měrný elektrický odpor,  $L$  – výška lidského těla,  $R$  – odpor těla

Podle tohoto výrazu, pokud známe výšku lidského těla a rezistenci, můžeme získat objem tělesné vody (Khalil, Mohktar a Ibrahim, 2014).

### **Jednofrekvenční BIA**

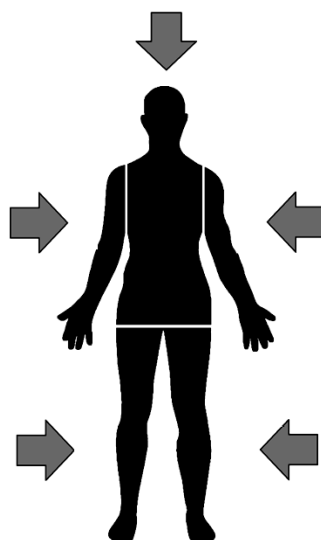
Jednofrekvenční BIA (Single Frequency BIA; SF-BIA) obvykle využívá elektrický proud o frekvenci 50 kHz. Některé přístroje používají povrchové elektrody umístěné hand and foot (na ruce a noze), jiné používají umístění typu foot-to-foot (z nohy do nohy) nebo hand-to-hand (z ruky do ruky), (Kyle, 2004). Omezení SF-BIA spočívá v tom, že pracuje s předpokladem tvaru válce lidského těla s konstantním odporem. To má za následek zkreslené hodnoty pro trup, především u obézních jedinců (Patil et al., 2012). SF-BIA umožňuje odhadnout FFM a TBW, ale neumí určit zastoupení ICW. SF-BIA výsledky jsou založeny na empirickém odhadu a prediktivních rovnicích, které byly odvozeny od zdravých jedinců s úzkým intervalem hodnot homeostázy (Kyle, 2004). TBW představuje 73 % LM u lidí s průměrnou hmotností vzhledem ke své výšce (InBody 230 User's Manual, 1996).

ICW a ECW jsou ve zdravém těle úměrné. Problémem s přesností SF-BIA nastává u pacientů s nerovnovážným rozdělením tělesné kapaliny. Jedná se o dehydratované pacienty, starší lidi či lidi obézní (Kyle, 2004).

### **Multifrekvenční BIA**

Technologický pokrok umožnil, aby se BIA stala účinnějším nástrojem hodnocení tělesného složení, jak celkového, tak segmentového. Zapojením více elektrod a použitím alespoň dvou frekvencí se dosáhlo podrobnější analýzy (Miller, Toby a Burns, 2016). Multifrekvenční bioelektrická impedanční analýza (Multiple-Frequency Bioimpedance Analysis; MF-BIA) využívá spektrum elektrických frekvencí k predikci ICW a ECW v různých tělních segmentech.

Segmentální měření je technika, která předpokládá, že tělo má složitější tvar reprezentovaný pěti válci, kdy končetiny odpovídají čtyřem válcům a trup jednomu (Obrázek 6). Taková technologie měří impedanci jednotlivých částí samostatně. Analýza je tak přesná, protože impedance určité části nemá vliv na měření dalších segmentů. Na přesnost přímého segmentového měření tělesné skladby InBody 230, který je využitý v této práci, tak nemá vliv pohlaví, věk, nemoci a etnicita, protože tato technologie nevyužívá empirického odhadu. Pro sledování změn složení lidského těla pomocí BIA je zásadní provádět analýzu vždy za stejných podmínek a dodržovat zásady měření stanovené výrobcem (InBody 230 User's Manual, 1996).



***Obrázek 6. Hlavní tělesné segmenty***

Zdroj: Khalil, Mohktar a Ibrahim (2014, s. 10898)

Analyzátory segmentového složení těla, měří impedanci, která je nepřímo úměrná TBW. Na základě skutečnosti, že LM tvoří 73,3 % z tělesné tekutiny, lze usoudit, že distribuce tělesné tekutiny odráží distribuci LM. V důsledku toho může MF-BIA zkoumat segmentový vývoj pacientů (InBody 230 User's Manual, 1996).

InBody 230 poskytuje kvantitativní hodnotu hmotnosti vybraným elementům složení těla, které jsou zahrnuty v celkové tělesné hmotnosti (Body Weight; BW). InBody 230 měří TBW, která je nejvíce zastoupena ve svalech. Dalším hodnoceným prvkem je suchá štíhlá hmota (Dry Lean Mass; DLM), která odpovídá součtu proteinů a minerálů. FM udává celkové množství lipidů, které lze extrahovat z tuku a dalších buněk. Hmotnost FM není přímo měřena, ale je získána odečtením FFM od BW. FFM odpovídá BW s výjimkou tělesného tuku. FFM tvoří z 6,8 % BMC. Kromě hmotnosti, FFM, FM a kostní BMC poskytnutých BIA, je v této práci využitý index tělesné hmotnosti (BMI; Body Mass Index). Kategorie BMI shrnuje tabulka 4. BMI se vypočítá jako hmotnosti v kg dělená tělesnou výškou v metrech na druhou (Nuttall, 2015).

**Tabulka 4.** Klasifikace obezity podle WHO 1997 (Hainer et al., 2011, s. 166)

<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Kategorie</b>	<b>Zdravotní riziko</b>
< 18,59	podváha	zvýšené
18,59–24,99	normální rozmezí	minimální
25,00–29,99	nadváha	zvýšené
30,00–34,99	obezita 1. stupně	vysoké
35,00–39,99	obezita 2. stupně	vysoké
> 40,00	obezita 3. stupně	velmi vysoké

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, kg – kilogram, m – metr

InBody 230 navíc poskytuje normativní údaje každé testované položky. Standardní výsledky a normální rozsahy jsou určeny z referenčních dokumentů uvedených v uživatelské příručce InBody 230 (InBody 230 User's Manual, 1996).

BIA se ukázala být levnou, spolehlivou, jednoduchou, bezpečnou a neinvazivní technikou pro klinické měření složení těla. Proto se stala jednou z nejvíce využívaných metod při analýze složení těla, která je důležitá pro identifikaci rizikových faktorů souvisejících se zdravím. Výhodou je i to, že měření lze opakovat v krátkých časových intervalech (Cvetko, 2014). Naopak omezené využití BIA najdeme u pacientů s implantovanými elektronickými zařízeními, kovovými protézami nebo u pacientů po amputaci končetiny (Ling et al., 2011).

## 1.6 Přehled teoretických poznatků

K diagnostice osteoporózy se nejčastěji používá metoda DXA, měřící obsah kostních minerálů (Bone Mineral Content; BMC) a kostní hustotu (Bone Mineral Density; BMD). BIA je moderním analyzátozem tělesného složení, která také dokáže zhodnotit BMC, a proto existují studie zkoumající přesnost stanovení BMC pomocí BIA v porovnání s DXA (Cvetko, 2014).

Cvetko (2014) ve své studii zkoumá, jestli existují korelace mezi BMC (BIA) a výsledky kostních minerálů měřených DXA v oblasti bederní páteře, krčku stehenní kosti a obou kyčlí. Účastníky výzkumu byli mladí muži a ženy ve věku 19–23 let. Zjištěním této studie bylo, že BMC (BIA) a BMC (DXA) koreluje v celém vzorku na všech měřených místech. Při analýze podle pohlaví byla korelace zjištěna pouze u ženských subjektů, zatímco u mužů korelace zjištěna nebyla. Podle těchto zjištění se nedá usoudit, že výsledky BIA mohou být spolehlivé ve stanovení BMC, ačkoli některé korelace s výsledky DXA existují.

V jiné nedávné studii (Stone et al., 2018) ověřovali uplatnění SF-BIA v odhadu BMC ve srovnání s DXA. Studie se zúčastnilo celkem 80 mužů a žen ve věku 18–40 let. DXA měření probíhalo na celotělové úrovni. Menší standardní chyba i konstantní chyba odhadu BMC (BIA) byla pozorována u žen ve srovnání s muži a celkovým vzorkem. Nejdůležitějším zjištěním je však to, že při nízkém BMC (DXA) SF-BIA nadhodnotila BMC u mužů i žen. Vzhledem k těmto výsledkům autoři shledali SF-BIA jako nevhodnou metodu pro diagnostické účely, neboť by mohla přinášet falešně negativní výsledky o stavu kostí. Macfarlane et al. (2016) zjistili významnou korelaci mezi BMC z BIA a DXA po 10týdenní intervenci do životního stylu u 136 dobrovolníků ve věku 18–66 let. Intervence se týkala zvýšení fyzické aktivity a měření probíhalo před a po intervenci. Korelace BMC z BIA a DXA byly slabé, ale statisticky významné. Nicméně autoři nečinili pevné závěry z těchto výsledků, neboť změny v BMC nebyly po intervenci významné. Jedním z důvodů rozporuplných zjištění může být použití různých typů zařízení, pohlavní rozdílnost vzorku a nehomogenita účastníků výzkumu v BMI (Stone et al., 2018).

Znalost faktorů modulujících chování kostní hmoty je zásadní pro prevenci a léčbu OP (Andreoli et al., 2011). Určité studie provedly analýzu vztahu BMD s jejími vybranými determinanty.

Dokonce jedna studie (Wu a Du, 2016) navrhuje využití BMI jako důležitého indexu k prevenci OP. Tato studie se zabývá vztahy mezi BMI a BMD bederního obratle a krčku stehenní kosti u postmenopauzálních žen. Ženy byly rozděleny do skupin podle BMI do

kategorií: normální váha, nadváha a obezita. Také byly věkově stratifikovány do dvou kategorií: do 60 let a 60 let a více. DXA byla použita k měření BMD. Hlavním zjištěním je, že BMD u bederních obratlů, krčku femuru, proximálního femuru a Wardova trojúhelníku u postmenopauzálních žen byly významně nižší ve skupině žen s podváhou oproti skupině žen s normální hmotností nebo nadváhou. Výsledky této studie ukazují, že ženy po menopauze s nízkým BMI vykazují osteopenii a je u nich vyšší pravděpodobnost vzniku OP. Wu a DU (2016) doporučují rutinní monitorování BMD u postmenopauzálních žen s nízkou hmotností s cílem včasné zahájení léčebné intervence pro OP.

Studie (Deng et al., 2004) se snažila objasnit vztah mezi BMD a pohlavím, věkem, BMI, hmotností a výškou u čínských mužů ve věku 50–80 let a žen ve věku 46–75 let. DXA měření probíhalo na bederní páteři a v oblasti kyčle. Byl pozorován významný rozdíl BMD po úpravě podle věku mezi skupinami mužů a žen. Rozdíl v pohlaví však poklesl na všech studovaných místech skeletu po úpravě BMD podle hmotnosti. Přesto muži měli stále vyšší BMD než ženy. Trend úbytku kostní hmoty napříč věkovým spektrem je ovlivněn pohlavím a místem měření.

Cílem jiné studie (Salamat et al., 2013) bylo prozkoumat vztah mezi BMI, hmotností a BMD u mužů ve věku 50–79 let. Účastníci se podrobili vyšetření DXA v oblasti bederní páteře a kyčle a změřeni antropometrických parametrů. Byli rozděleni do kategorie obézní a nadváha s  $BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$  a do kategorie normální váha s  $BMI < 25 \text{ kg/m}^2$ . Studie přinesla zjištění, že muži s normální hmotností mají vyšší riziko vzniku OP a osteopenie než muži s nadváhou a obezitou. Tato studie tedy potvrzuje, že hmotnost a BMI souvisí s BMD, a že nadváha a obezita má pozitivní dopad na BMD kyčle a obratlů. Salamat et al. (2013) zdůrazňují potřebu strategie osteoporotické prevence u starších mužů a postmenopauzálních žen.

Na analýzu vztahu mezi BMI, FM, LM a BMD se zaměřuje Andreoli et al. (2011). Do této studie bylo zařazeno 6 249 italských žen ve věku 30–80 let. Byla jim změřena hmotnost a výška, ze kterých se vypočítalo BMI. BMD, BMC, FM a LM byly změřeny pomocí DXA. Výsledky této studie ukazují, že obezita významně snížila riziko OP, ale nesnížila riziko osteopenie. Andreoli et al. (2011) připouští, že jak FM, tak LM mohou ovlivnit kostní hmotu a že jejich relativní účinek na kost je modulován jejich absolutním množstvím a poměrem k celkové tělesné hmotnosti. Tato studie zdůrazňuje potřebu zahájení prevence OP.

V australské studii (Zhu et al., 2015) provedené na 1929 kavkazských mužích žen ve věku 45–66 let se uvádí, že nízké BMI je rizikovým faktorem pro OP, ale není jasné, zda vztahy mezi BMI, LM, FM a BMD jsou konzistentní na různých úrovních BMI. Cílem této



studie, bylo prozkoumat vztahy tělesné hmotnosti a BMI s celotělovým BMD, BMD v oblasti páteře a kyčle pomocí lineární regrese a generalizovaných aditivních modelů. Analýza složení těla a BMD byly měřeny pomocí DXA. Bylo zjištěno, že pozitivní vztahy mezi BMI a BMD byly slabší při vysokém BMI, zejména u mužů a v oblasti bederní páteře. Tato studie přinesla zjištění, že hmotnost je pro BMD silnějším prediktorem než BMI. Studie (Zhu et al., 2015) dospěla k závěru, že pozitivní vztahy mezi FM, LM a BMD u mužských jedinců s vyšším BMI chybí a u žen jsou slabší. Tato zjištění naznačují, že při vyšším BMI existují omezené výhody zvýšené tělesné hmotnosti na BMD. Zejména u mužů.

Studie Dytfeld et al. (2011) se snažila objasnit vztahy mezi FM a LM k BMD u postmenopauzálních osteoporotických žen s BMI > 20 kg/m<sup>2</sup>. Do studie bylo zahrnuto 92 žen. BMD bederní páteře a krčku femuru byly měřeny DXA. Absolutní (kg) a relativní (%) FM a LM byly hodnoceny pomocí BIA. Výsledkem této studie je pozitivní korelace BMD femuru krčku a páteře s tělesnou hmotností a LM. Obsah tuku koreloval s BMD krčku femuru. Jediným prediktorem BMD páteře byla LM. Různé množství tukové tkáně nezpůsobilo v BMD páteře žádný efekt. Pro krček femuru to byla jak LM, tak FM. Obézní ženy s BMI > 30 kg/m<sup>2</sup> vykazovaly nejvyšší BMD v krčku femuru, ženy s nadváhou s BMI 25–30 kg/m<sup>2</sup> měly nejvyšší BMD v páteři. Tato studie neprokázala škodlivý vliv tukové tkáně na kost. Také podpořila tvrzení, že LM a FM jsou determinanty BMD u postmenopauzálních osteoporotických žen s místně specifickými rozdíly.

Ze všech těchto poznatků vyplývá, že vztahy mezi hmotností, FM, LM a BMI s BMD jsou složité a není zcela jasné, jak se v závislosti na věku a pohlaví mění vztahy těchto kostních determinantů vzhledem k BMD a BMC. Rozporuplná zjištění mohou být způsobena odlišnou etnicitou účastníků studií, velikostí vzorků, odlišnými přístroji a různou metodou měřící tělesné složení. Scafoglieri a Clarys (2018) upozorňují na to, že FFM a LM jsou v literatuře velmi často zaměňovány a mnohdy jsou chybně označeny za synonyma. To může vést i k nesrovnalostem v měření tělesných složek mezi studiemi. Mezi LM a FFM existuje malý rozdíl. LM se skládá z FFM plus esenciálního tuku.

## 2 CÍL, DÍLČÍ CÍLE A HYPOTÉZY PRÁCE

Hlavním tématem této diplomové práce je hodnocení kostních minerálů. V praktické části podstoupili probandi potřebná vyšetření, jejichž výsledky byly poté statisticky zpracovány. Níže jsou uvedeny cíle a hypotézy této diplomové práce.

### 2.1 Cíl výzkumu

Hlavním cílem práce bylo porovnat somatické parametry a minerální složku v jednotlivých věkových kategoriích u 30–80letých mužů a žen i mezi oběma pohlavími pomocí dvouenergiové rentgenová absorpciometrie a bioelektrické impedance.

### 2.2 Dílčí cíle

- DC 1:** Porovnat somatické a minerální parametry v kategorii mužů a kategorii žen mezi věkovými skupinami.
- DC 2:** Porovnat somatické a minerální parametry mezi BMI skupinami v kategorii mužů a kategorii žen.
- DC 3:** Srovnat somatické a minerální parametry žen s menstruací a žen v menopauze.
- DC 4:** Zjistit, zda existuje vztah mezi věkem a somatickými, minerálními parametry v kategorii žen.
- DC 5:** Zjistit, zda existuje vztah mezi stejnými minerálními parametry v oblasti L1–L4 páteře a kyčle v kategorii žen.
- DC 6:** Zjistit, zda existuje vztah mezi celkovým množstvím kostních minerálů a minerálními parametry v oblasti L1–L4 páteře a kyčle v kategorii žen.

### 2.3 Hypotézy

- H1<sub>0</sub>:** Průměrná tělesná výška (cm) v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejná.
- H1<sub>A</sub>:** Průměrná tělesná výška (cm) v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejná.
- H2<sub>0</sub>:** Průměrné BMI v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejné.

**H2<sub>A</sub>**: Průměrné BMI v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejné.

**H3<sub>0</sub>**: Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejný.

**H3<sub>A</sub>**: Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejný.

**H4<sub>0</sub>**: Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejný.

**H4<sub>A</sub>**: Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejný.

**H5<sub>0</sub>**: Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejný.

**H5<sub>A</sub>**: Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejný.

**H6<sub>0</sub>**: Průměrná tělesná výška (cm) v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejná.

**H6<sub>A</sub>**: Průměrná tělesná výška (cm) v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílná.

**H7<sub>0</sub>**: Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejný.

**H7<sub>A</sub>**: Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílný.

**H8<sub>0</sub>**: Průměrná kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejná.

**H8<sub>A</sub>**: Průměrná kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílná.

**H9<sub>0</sub>**: Průměrná kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejná.

**H9<sub>A</sub>**: Průměrná kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílná.

**H10<sub>0</sub>**: Průměrná tělesná výška (cm) žen s menstruací a žen v menopauze je stejná.

**H10<sub>A</sub>**: Průměrná tělesná výška (cm) žen s menstruací a žen v menopauze není stejná.

**H11<sub>0</sub>:** Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA u žen s menstruací a žen v menopauze je stejný.

**H11<sub>A</sub>:** Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA u žen s menstruací a žen v menopauze není stejný.

**H12<sub>0</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 u žen s menstruací a žen v menopauze je stejný.

**H12<sub>A</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 u žen s menstruací a žen v menopauze není stejný.

**H13<sub>0</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen s menstruací a žen v menopauze je stejný.

**H13<sub>A</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen s menstruací a žen v menopauze není stejný.

**H14<sub>0</sub>:** Obsah minerálů (g) ve skeletu v kategorii žen diagnostikovaný pomocí BIA nezávisí na věku žen.

**H14<sub>A</sub>:** Obsah minerálů (g) ve skeletu v kategorii žen diagnostikovaný pomocí BIA závisí na věku žen.

**H15<sub>0</sub>:** T-skóre v kategorii žen stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle nezávisí na věku žen.

**H15<sub>A</sub>:** T-skóre v kategorii žen stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle závisí na věku žen.

**H16<sub>0</sub>:** Kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) stanovená pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 nezávisí na kostní hustotě ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle.

**H16<sub>A</sub>:** Kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) stanovená pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 závisí na kostní hustotě ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle.

**H17<sub>0</sub>:** Obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen nezávisí na obsahu minerálů (kg) ve skeletu žen diagnostikovaném pomocí BIA.

**H17<sub>A</sub>:** Obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen závisí na obsahu minerálů (kg) ve skeletu žen diagnostikovaném pomocí BIA.

### 3 METODIKA

V této části práce je uvedena charakteristika měřeného souboru, místo a okolnosti výzkumného šetření, a také je zde popsán průběh sběru dat.

#### 3.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumného šetření se zúčastnilo: 259 probandů (39 mužů, 220 žen). Rozdělení mužů a žen podle věkových kategorií je v tabulce 5. Ženy i muži byli dospělého věku v rozmezí: 30–80 let. Jednalo se o pacienty, kteří byli lékařem indikováni k vyšetření BMD metodou DXA a byli objednáni na denzitometrické pracoviště G-Medica. Z oslovených 352 osob neposkytlo souhlas 5 pacientů. Pro nesplnění kritérií bylo vyřazeno 88 osob. Největší zastoupení probandů bylo ve věkové kategorii 60,00–69,99 let a to v počtu 91 (35,14 %). Do výzkumného souboru nebyly zařazeny osoby, které neudělily souhlas, měly totální endoprotézu kyčelního kloubu či jinou umělou náhradu kostí, které měly voperované kostní kovové implantáty, jako jsou šrouby, dráty, hřeby atd. Vyřazujícím kritériem bylo také těhotenství, užívání elektronických zdravotnických zařízení jako je pacemaker. Dále důležitým kritériem byla věková hranice a fyzická indispozice stát samostatně po dobu měření BIA. Denzitometrické vyšetření nebylo provedeno, jestliže pacient podstoupil v posledních 3–7 dnech vyšetření na oddělení nukleární medicíny, neboť radiace by mohla ovlivnit měření BMD. Také požití perorální kontrastní látky primárně ovlivňuje měření páteře (Vyskočil, 2009, s. 62).

*Tabulka 5. Rozdělení mužů a žen podle věkových kategorií*

Věkové kategorie	Muži		Ženy		Celkem	
	n	%	n	%	n	%
<b>30,00-49,99</b>	11	27,50	29	72,50	40	15,44
<b>50,00-59,99</b>	12	20,00	48	80,00	60	23,17
<b>60,00-69,99</b>	9	9,89	82	90,11	91	35,14
<b>70,00-80,00</b>	7	10,29	61	89,71	68	26,35
<b>Celkem</b>	39	15,06	220	84,94	259	100,00

Legenda: n – četnost, % – procento

### **3.2 Organizace výzkumu**

Měření BIA probíhalo ve stejném časovém rozmezí a na stejném místě jako DXA vyšetření, tedy na denzitometrickém pracovišti G-Medica spol. s.r.o., I. P. Pavlova 6, v Olomouci v období leden až červen 2020 se souhlasem jednatelky denzitometrického pracoviště (Příloha 1). Nejdříve byl účastník výzkumu požádán o svlečení do spodního prádla a odstranění veškerých kovových předmětů z povrchu těla. Poté následovalo antropometrické měření, vyšetření BIA, DXA a vyplnění dotazníku (Příloha 2).

### **3.3 Etické aspekty výzkumu**

Výzkumná část diplomové práce probíhala se souhlasem Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci (Příloha 3). Komise zasedala dne 20. 12. 2019. Hodnotila proces sběru dat, zajištění anonymity účastníků výzkumu, zpracování dat, jejich uchování a prezentaci. Etická komise se také zabývala etickými aspekty studie, možnými riziky či zátěží, které by z výzkumného šetření pro účastníky mohly plynout. Každý z pacientů byl informován o výzkumném šetření. Byl seznámen s jeho průběhem, případných rizicích a dostalo se mu odpovědí na položené dotazy.

K žádosti o vyjádření Etické komise (Příloha 5) byl přiložen informovaný souhlas (Příloha 5) poskytovaný subjektům výzkumu včetně informací týkajících se vyšetření a souhlasu s výzkumem. Všichni účastníci výzkumu informovaný souhlas podepsali.

### **3.4 Výzkumné šetření**

Výzkumné šetření bylo zahájeno po udělení souhlasu probandů s jeho realizací. Skládalo se z antropometrického měření, z vyšetření BIA, DXA a dotazníku. Celková vyšetřovací doba trvala přibližně 20 minut z toho přibližně 5 minut trvala tělesná analýza bioelektrickou impedancí s vyplněním dotazníku a 15 minut trvalo DXA vyšetření. Antropometrické údaje spolu s odpověďmi v rámci dotazníku byly zaznamenávány do záznamního listu. Výsledky z DXA byly přepsány do excelové tabulky. Stejně tak výsledky z BIA byly vepsány do této tabulky.

### 3.4.1 Antropometrie

Antropometrické vyšetření obsahovalo změření tělesné výšky, změření obvodu pasu, břicha, boků a výpočet BMI. Tělesná výška probanda byla měřena antropometrem A-226 s přesností 1 mm. Obvod pasu, břicha a boků byl měřen pásovou mírou s přesností 0,5 cm. Měření probíhalo podle metodiky měření antropometrických parametrů (Kopecký, Krejčovský a Švarc, 2013).

Tělesná výška je vertikální vzdálenost od země. Při měření výškových rozměrů zaujal proband aktivní vzpřímený postoj, který udržoval po celou dobu měření. Postavil se ke svislé stěně s patami a špičkami nohou u sebe. Stěny se dotýkal patami, hýžděmi a lopatkami, hlavu měl orientovanou v tzv. Frankfurtské horizontále. Proband se díval před sebe, aniž by se nakláněl či jinak pohyboval. Při měření byl antropometr držen kolmo k zemi před špičkami nohou.

Obvod pasu byl měřen horizontálně v nejužším místě nad hřebeny kyčelních kostí, resp. v polovině vzdálenosti mezi hřebeny kyčelních kostí a dolním okrajem žeber.

Obvod břicha byl měřen horizontálně ve výši pupku (omphalion).

Obvod gluteální neboli obvod boků byl měřen ve stoji spojném v horizontální rovině v úrovni největšího vyklenutí hýždí.

BMI bylo vypočteno pomocí zařízení InBody 230. BMI lze vypočítat následovně:

$$\text{BMI} = \frac{\text{hmotnost (kg)}}{\text{tělesná výška}^2 \text{ (m)}}$$

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, kg – kilogram, m – metr

Hainer et al. (2011, s. 166) rozděluje BMI hodnoty do 6 kategorií: podváha, normální rozmezí, nadváha, obezita 1. stupně, obezita 2. stupně a obezita 3. Stupně. Podle této klasifikace byly pro účely této práce vytvořeny tři kategorie (Tabulka 6).

**Tabulka 6.** Klasifikace obezity podle WHO 1997, (Hainer et al., 2011, s. 166), vlastní úprava

BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Kategorie	Kategorie pro účely práce
< 18,59	podváha	norma
18,59–24,99	normální rozmezí	
25,00–29,99	nadváha	nadváha
30,00–34,99	obezita 1. stupně	obezita
35,00–39,99	obezita 2. stupně	
> 40,00	obezita 3. stupně	

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, kg – kilogram, m – metr

### 3.4.2 Vyšetření DXA

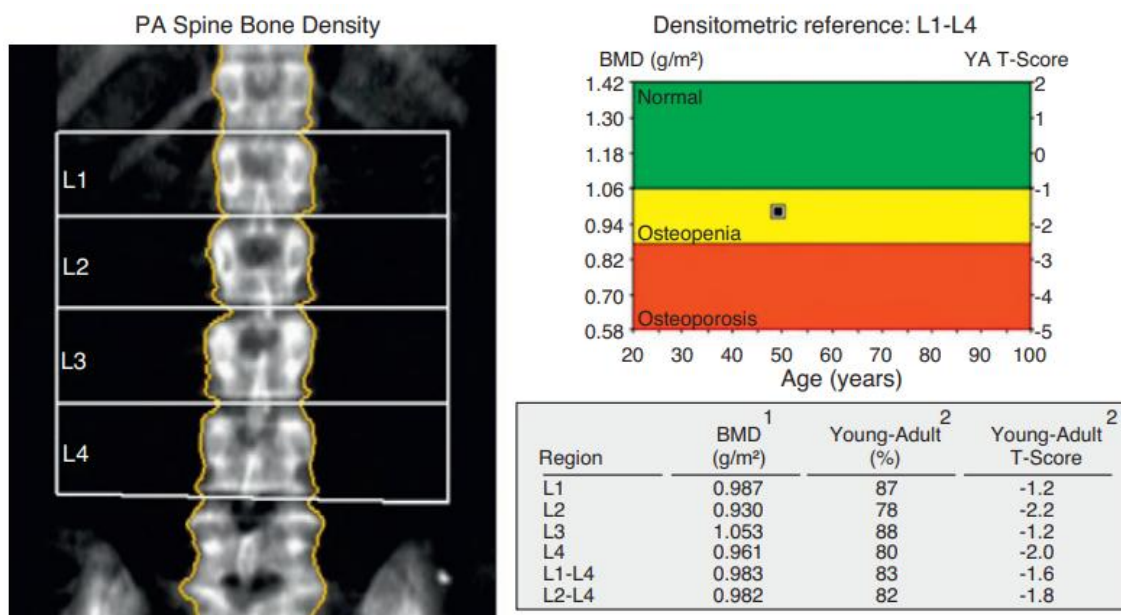
Denzitometrické vyšetření bylo prováděno přístrojem Lunar Prodigy/DPX Series X – Ray od firmy GE Healthcare za použití softwaru enCORE™ 2011 verze 13,60. Přístroj byl každý den kalibrován pomocí fantomu Lunar s přesností  $\pm 1$  %. DXA je považována za referenční metodu pro stanovení BMD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) a BMC (g). Dávky z vyšetření na tomto typu zařízení jsou velmi nízké, přibližně 2–74  $\mu\text{Sv}$  v závislosti na vyšetřované oblasti a tělesné konstituci pacienta (Lunar enCORE: Safety and Specification Manual, 2009). Probandi podstoupili vyšetření v oblasti lumbální páteře (L1–L4) a proximálního femuru. Standardně se vyšetřoval levý femur. V případě, že nebylo možné tuto oblast vyšetřit pro nedávnou zlomeninu, operaci či z jiné příčiny, která by měla za následek změnu normální kostní denzity, byl vyšetřen pravý femur. Důvodem k opakování skenu bylo pohnutí pacienta. Pro zahájení vyšetření bylo potřeba zadat osobní údaje pacienta, a také zapsat výšku a hmotnost. Pokud pacient přišel na vyšetření opakovaně, bylo potřeba aktualizovat tělesnou výšku a hmotnost, které jsou nezbytné pro vyhodnocení účinnosti léčby, neboť mohou ovlivnit denzitu kostí (Vyskočil, 2009, s. 62–63).

#### Vyšetření bederní páteře

Vyšetření páteře (Obrázek 7) se nejčastěji provádí pouze v oblasti bederní páteře, neboť měření v hrudní oblasti je znesnadněné přítomností žeber, sternu a vzduchem v plicích. Proband zaujal vyšetřovací polohu. Položil se na záda do středu stolu denzitometru, a dolní končetiny ohnul přes pěnový polohovací blok. Tím se snížila lordóza páteře a zlepšilo se rozhraní intervertebrálních disků. Začátek vyšetřované oblasti se stanovil pomocí laseru. Obvykle se laser umísťuje 3–5 cm pod pupek, popř. se nastavení řídí stejnou vzdáleností pod spina iliaca anterior superior (Vyskočil, 2009, s. 63). Skenování mělo směr vzestupný. Správně vymezená oblast je od středu obratle Th12 po horní část obratle L5. Vždy se analyzuje oblast L1–L4 (Lunar: enCORE-based x-ray bone densitometer, 2010, s. 41 a 105). Při definování oblastí pro analýzu na konzole je potřeba zvážit, které oblasti jsou hodnotitelné, a které hodnotitelné nejsou, protože by vedly k nepřesným výsledkům. Nehodnotitelné jsou obratle postižené degenerativní kompresí nebo např. fokální lézí. Tyto změny vedou k falešně vyšší hodnotě BMD (Vyskočil, s. 53, 64–66). V takových případech byly tyto oblasti z hodnocení vyloučeny. Proto je nutné, aby radiologický asistent ověřil a popřípadě opravil oblasti automaticky navržené k analýze. K posouzení páteře stačí alespoň



dvě obratlová těla (Lorente, 2012). Do výzkumného šetření však byli zařazeni pouze pacienti se čtyřmi hodnotitelnými obratly.

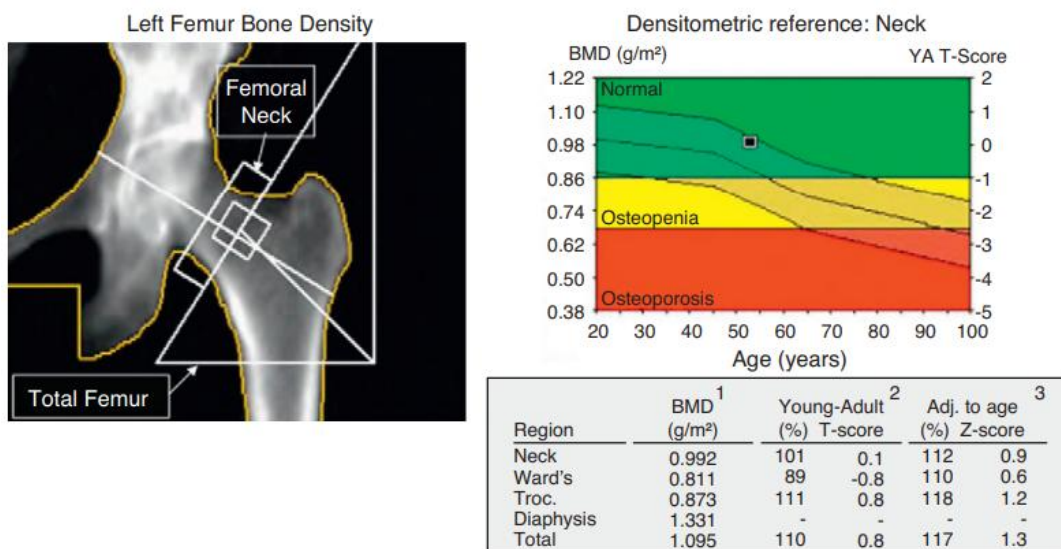


**Obrázek 7.** Vyšetření bederní páteře

Zdroj: Lorente et al. (2012, s. 414)

### Vyšetření proximálního femuru

Správné vyšetření proximálního femuru (Obrázek 8) vyžaduje, aby vyšetřovaný zaujal správnou polohu. Proband ležel na zádech s nataženými nohama v abdukci 15–30 stupňů. V takové poloze se krček dostal do rovnoběžné polohy se stolem a byl kolmo k RTG paprsku. Existují výrobcem doporučené fixační pomůcky pro udržení této polohy. Lokace začátku skenování bývá přibližně 7–8 cm pod laterální stranou velkého trochanteru. Sken by měl zachycovat trochanter, krček kosti stehenní, oblast Wardova trojúhelníku a sedací kost. Malý trochanter vlivem rotace by ideálně neměl být vidět, avšak v praxi někteří lidé z důvodu koxartrózy nebyli schopni nohu dostatečně vytočit (Vyskočil, 2009, s. 67–69). Systém uplatněný v tomto výzkumném šetření vyhodnocoval BMD ze tří oblastí. Byly to oblasti krčku femuru, trochanteru a z tzv. totálního regionu. Totální region je definovaný jako průměr hodnot z femorálního krčku a trochanteru (Vyskočil, 2009, s. 69). Výsledky měření byly zaznamenány do excelové tabulky pro region krčku kosti stehenní, trochanteru a pro totální region. Tabulka obsahovala T-skóre a Z-skóre. Výsledky byly zapsané také v procentech. Dále tabulka obsahovala hodnotu BMD, BMC a plochu vyšetřované oblasti.

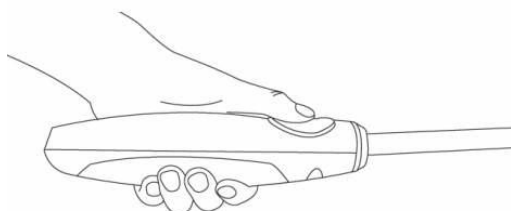


**Obrázek 8.** DXA vyšetření levého femuru

Zdroj: Lorente et al. (2012, s. 415)

### 3.4.3 Vyšetření BIA

Vyšetření probíhalo na přístroji InBody 230 společnosti Biospace. InBody 230 je přímý segmentový analyzátor složení těla s osmi elektrodami. Přístroj využívá slabých elektrických proudů o frekvencích 20 kHz a 100 kHz k měření impedance v každém z 5 segmentů. Analýza složení těla probíhala za podmínek stanovených výrobcem. Pro zahájení měření bylo potřeba spustit program LookinBody Basic a vyplnit osobní údaje probanda. Bylo potřeba zadat jméno a příjmení, datum narození, výšku osoby a pohlaví. Věk se automaticky vyplnil. Následně byl proband vyzván, aby si stoupl na váhu a uchopil obě madla. Poté byla provedena korekce jeho postoje, neboť správné držení těla je nezbytné pro minimalizaci chyb a získání spolehlivých výsledků měření. Bylo vyžadováno, aby při držení ručních elektrod proband oběma palci zakrýval palcové elektrody a dlaňové elektrody zakrýval zbytkem rukou, přičemž prsty rukou vytvářely plochý kontakt s povrchem elektrod (Obrázek 9), (InBody 230 User's Manual, 1996, s. 18–24, 64).



**Obrázek 9.** Uchopení ručních elektrod

Zdroj: InBody 230 User's Manual (1996, s. 24)

Proband byl poučen, aby stál na plochých elektrodách pro chodidla. Bylo zkontrolováno, že vyšetřovaná osoba měla přední část chodidla v kontaktu s přední oválnou elektrodou a pata překrývala zadní plochou elektrodu na každé straně. Paže byly nataženy a přibližně 20° od těla, aby nedocházelo ke kontaktu mezi pažemi a tělem v podpaží. Také bylo kontrolováno, aby se stehna vyšetřovaného mezi sebou nedotýkala, umožňovala-li to tělesná kompozice (Obrázek 10), (InBody 230 User's Manual, 1996, s. 24–25).



**Obrázek 10.** Správný postoj při měření BIA

Zdroj: InBody 230 User's Manual (1996, s. 25)

Po zaujmutí správné polohy bylo spuštěno nabírání dat, přičemž proband stál po celou dobu rovně, klidně a mlčky. Nejdříve zařízení osobu zvažilo a následně se spustila analýza trvající 35 sekund. V případě, že měl proband příliš suché ruce, navlhčil si je vodou. Povolený výškový rozsah pacientů uvedený v manuálu zařízení je 85–200 cm a hmotnost od 10 kg do 250 kg. Po dokončení analýzy byly všechny elektrody vydesinfikovány (InBody 230 User's Manual, 1996, s. 26–28, 64).

#### 3.4.4 Dotazník

Dotazník (Příloha 2) byl sestaven před zahájením výzkumu. Byl sestaven po rešerši literatury, tak aby zahrnoval potřebná fakta pro splnění později stanovených cílů práce. Zahrnoval otázky na odhad antropometrických parametrů jako je tělesná výška a hmotnost. V rámci výzkumu jsme také zjišťovali informace o kouření, fyzické náročnosti zaměstnání, úrovni sportovní aktivity v dětství i v současné době a o doplňcích stravy. Tyto aspekty nebyly ovšem dále analyzovány z důvodu omezeného rozsahu práce. V práci jsme však

využili informace o menstruaci. Pravidelný menstruační cyklus u žen byl do záznamního listu kódován číslem 1. Menopauza byla v záznamním listu kódována číslem 2. Menopauza byla definována jako stav, kdy u žen neprobíhal pravidelný menstruační cyklus bez ohledu na věk.

### 3.4.5 Statistické zpracování dat

Statistické zpracování výsledků bylo provedeno programem STATISTICA Cz 12. Pro ověření normality dat byl zvolen Shapiro-Wilkův test. Pro každou kategorii byly z naměřených údajů vypočítány statistické charakteristiky: M-aritmetický průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí. Porovnávání somatických a minerálních parametrů u mužů a žen ve věkových kategoriích a mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů a žen bylo provedeno mediánovým Kruskal-Wallisovým testem. Pro srovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věkových kategoriích a srovnání parametrů menstrujících žen a žen bez menstruace byl použit neparametrický Mann-Whitneyův U test. Analýza závislosti věku a minerálních parametrů u žen, stejných proměnných různých anatomických oblastí a závislost celkového množství kostních minerálů a minerálních parametrů určitých anatomických oblastí u žen byla provedena Spearmanovým testem. Interpretaci hodnot Spearmanova koeficientu pořadové korelace ( $r$ ) dle Chráska (2016, s. 98) ukazuje tabulka 7. Testy byly prováděny na hladině významnosti  $p < 0,05$  a  $p < 0,01$ .

**Tabulka 7.** Interpretace hodnot korelačního koeficientu (Chráska, 2016, s. 98)

Koeficient korelace	Interpretace
$r=1$	naprostá závislost
$1,00 > r \geq 0,90$	velmi vysoká závislost
$0,90 > r \geq 0,70$	vysoká závislost
$0,70 > r \geq 0,40$	střední závislost
$0,40 > r \geq 0,20$	nízká závislost
$0,20 > r \geq 0,00$	velmi slabá závislost
$r=0$	naprostá nezávislost

Legenda:  $r$ -Spearmanův koeficient pořadové korelace

Statistické výsledky výzkumu jsou pro větší názornost prezentovány prostřednictvím tabulek a grafů v další části této práce.

## 5 VÝSLEDKY

V této kapitole jsou interpretovány výsledky z měření, které probíhalo podle výše popsané metodologie. Jsou zde hodnoceny somatické a kostní parametry získané z měření bioelektrickou impedancí (Bioelectrical Impedance Analysis; BIA) a dvouenergiové rentgenové absorpciometrie (Dual X-ray Absorptiometry; DXA). Vybrané parametry jsou hodnoceny v jednotlivých věkových kategoriích u 30–80letých mužů a žen.

### 5.1 Porovnávání somatických a minerálních parametrů ve věkových kategoriích

Porovnávání vybraných somatických a minerálních parametrů u mužů a žen v jednotlivých věkových kategoriích bylo provedeno pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu.

#### 5.1.1 Porovnání somatických parametrů v kategorii mužů a kategorii žen ve věkových skupinách

Porovnání tělesné výšky v jednotlivých věkových kategoriích u mužů pomocí mediánového testu ukazuje tabulka 8. Pomocí tohoto testu byl zjištěn signifikantní rozdíl tělesné výšky u mužů mezi věkovou skupinou 50,00–59,99 let a 70,00–80,00 let na hladině významnosti ( $p=0,0171$ ). Z tabulky je také patrné, že tělesná výška v jednotlivých věkových kategoriích s přibývajícím rokem klesá. Je to zapříčiněno involučními změnami (zvětšení hrudní kyfózy, atrofie meziobratlových plotěne atd.), geneticky, životním stylem a zdravotním stavem jedince (Kopecký, Kikalová, Charamza, 2016, s. 360).

*Tabulka 8. Porovnání tělesné výšky (cm) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích*

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	176,12	176,20	6,52	166,00	187,60	21,60
50,00–59,99	12	178,57*	179,50	10,50	158,00	195,20	37,20
60,00–69,99	9	173,31	174,00	4,32	167,60	180,70	13,10
70,00–80,00	7	169,09*	169,10	2,70	164,10	172,80	8,70

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

U žen byl statisticky významný rozdíl tělesné výšky na hladině významnosti  $p=0,0135$  zaznamenán mezi každou věkovou kategorií, jak dokládá tabulka 9. Z této tabulky je také patrné, že tělesná výška s přibývajícím věkem klesá.

**Tabulka 9.** Porovnání tělesné výšky (cm) u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	164,05**	166,00	6,36	146,00	174,90	28,90
50,00–59,99	48	161,77*	161,70	6,35	149,10	174,40	25,30
60,00–69,99	82	160,33*	160,00	6,33	148,00	176,90	28,90
70,00–80,00	61	157,82**	158,40	6,32	142,50	171,70	29,20

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Výše uvedené výsledky umožňují ověřit tyto hypotézy:

**H1<sub>0</sub>:** Průměrná tělesná výška (cm) v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejná.

**H1<sub>A</sub>:** Průměrná tělesná výška (cm) v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejná.

Dosažená hodnota statistické významnosti Kruskal-Wallisova testu u mužů  $p=0,0171$  i žen  $p=0,0135$  je nižší než 0,05, proto můžeme zamítnout nulovou hypotézu. Průměrná tělesná výška v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách od 30–80 let není stejná.

Mediánovým testem nebyl u mužů ( $p=0,2143$ ) ani u žen ( $p=0,0122$ ) prokázán signifikantní rozdíl tělesné hmotnosti v jednotlivých věkových kategoriích v rámci daného pohlaví (Tabulka 10 a 11). Průměrné hodnoty tělesné hmotnosti ve věkových kategoriích 30–80letých mužů a žen jsou vyneseny do grafu 1.

**Tabulka 10.** Porovnání tělesné hmotnosti (kg) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

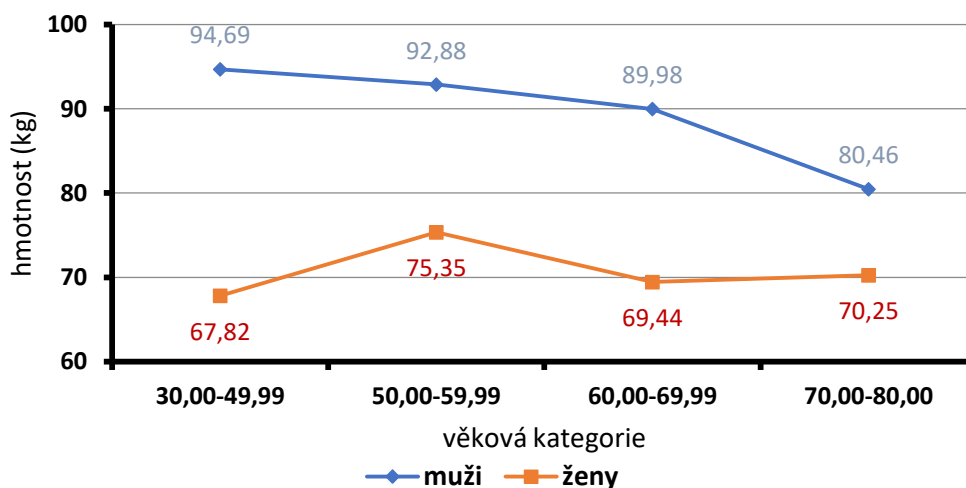
Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	94,69	93,50	22,43	51,80	134,10	82,30
50,00–59,99	12	92,88	90,05	12,48	71,40	115,80	44,40
60,00–69,99	9	89,98	98,20	12,98	72,90	106,40	33,50
70,00–80,00	7	80,46	79,00	9,13	70,30	97,50	27,20

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

**Tabulka 11.** Porovnání tělesné hmotnosti (kg) u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	67,82	60,50	17,35	37,00	114,50	77,50
50,00–59,99	48	75,35	71,90	18,35	38,80	135,00	96,20
60,00–69,99	82	69,44	65,70	14,98	44,70	114,20	69,50
70,00–80,00	61	70,25	70,20	14,00	45,80	106,20	60,40

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí



**Graf 1.** Porovnání hmotnosti (kg) mužů a žen ve věkových kategoriích

Mezi stanovenými věkovými intervaly nebyl prokázán Kruskal-Wallisovým testem testem ( $p=0,4709$ ) signifikantní rozdíl v indexu tělesné hmotnosti (BMI; Body Mass Index). Nejvyšší průměrná hodnota BMI  $30,29 \text{ kg/m}^2$  u mužů se nacházela ve věkové kategorii 30,00–49,99 let. V dalších věkových kategoriích se snížila průměrná hodnota BMI u mužů do kategorie nadváhy (Tabulka 12).

**Tabulka 12.** Porovnání indexu tělesné hmotnosti ( $\text{kg/m}^2$ ) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	30,29	30,20	5,72	17,40	38,10	20,70
50,00–59,99	12	29,18	28,80	3,56	24,30	36,60	12,30
60,00–69,99	9	29,98	31,60	4,28	24,40	35,80	11,40
70,00–80,00	7	28,14	27,60	2,96	24,00	32,70	8,70

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Signifikantní rozdíl BMI u žen byl nepárovým testem ( $p=0,0234$ ) zaznamenán mezi věkovými kategoriemi 30,00–49,99 let a 50,00–59,99 let, a také mezi 30,00–49,99 let a 70,00–80,00 let (Tabulka 13).

**Tabulka 13.** Porovnání indexu tělesné hmotnosti ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	25,08*	23,80	5,68	17,40	40,00	22,60
50,00–59,99	48	28,76*	27,45	6,74	17,50	50,40	32,90
60,00–69,99	82	26,95	25,65	5,19	17,90	41,30	23,40
70,00–80,00	61	28,22*	27,90	5,55	17,40	43,80	26,40

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Na základě získaných údajů lze ověřit následující hypotézy:

**H<sub>20</sub>:** Průměrné BMI v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejné.

**H<sub>2A</sub>:** Průměrné BMI v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejné.

Na základě zjištěných statisticky významných rozdílů mezi věkovými skupinami v kategorii žen zamítáme nulovou hypotézu **H<sub>20</sub>** ve prospěch **H<sub>2A</sub>**. Průměrné BMI v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejné. Dle výpočtu pomocí mediánového testu byla dosažená hladina významnosti  $p=0,0234$  v kategorii žen nižší než 0,05. Mezi hodnotami BMI v kategorii mužů však signifikantní rozdíl mezi věkovými skupinami v rámci daného pohlaví Kruskal-Wallisovým testem ( $p=0,4709$ ) zjištěn nebyl.

Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (Body Fat; BF) pomocí Kruskal-Wallisova testu mezi jednotlivými věkovými kategoriemi u mužů zachycuje tabulka 14. U mužů nebyl napříč věkovými skupinami v relativním zastoupení BF zmíněným testem ( $p=0,4426$ ) zjištěn statisticky významný rozdíl. Muži ve věkovém intervalu 70,00–80,00 let vykazovali nejnižší průměrnou hodnotu 28,59 % tuku.



**Tabulka 14.** Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (%) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	30,59	33,70	11,22	10,50	48,60	38,10
50,00–59,99	12	29,59	28,75	6,45	18,40	37,90	19,50
60,00–69,99	9	36,89	38,50	7,29	26,50	46,20	19,70
70,00–80,00	7	28,59	31,10	5,84	19,50	34,50	15,00

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

U žen byl mediánovým testem ( $p=0,0042$ ) zjištěn signifikantní rozdíl v relativním zastoupení BF mezi věkovými kategoriemi 30,00–49,99 let a 50,00–59,99, a také mezi 30,00–49,99 let a 70,00–80,00 let (Tabulka 15). Nejvyšší průměrná hodnota procenta tělesného tuku 38,29 % byla u nejstarší věkové skupiny žen.

**Tabulka 15.** Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (%) u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	30,45**	31,60	11,22	14,60	53,40	38,80
50,00–59,99	48	37,26*	38,35	9,08	15,70	54,70	39,00
60,00–69,99	82	34,92	36,05	8,55	12,80	51,70	38,90
70,00–80,00	61	38,29**	40,20	9,01	10,50	54,50	44,00

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p<0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p<0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

U mužů statisticky signifikantní rozdíl v tukuprosté tělesné hmotě (Fat-Free Mass; FFM) nebyl mediánovým testem ( $p=0,0678$ ) zaznamenán (Tabulka 16). U žen byl stejným testem ( $p=0,0205$ ) u průměrných hodnot FFM (kg) pro dané věkové kategorie prokázán statisticky významný rozdíl mezi nejnižší a nevyšší věkovou skupinou žen (Tabulka 17). Nejvyšší průměrné hodnoty FFM se nacházely jak u mužů, tak u žen ve věkové kategorii 50,00–59,99 let.

**Tabulka 16.** Porovnání tukuprosté tělesné hmoty (kg) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	64,12	64,00	11,43	46,40	81,30	34,90
50,00–59,99	12	65,06	64,15	8,11	51,20	82,30	31,10
60,00–69,99	9	56,06	55,70	3,95	50,00	62,70	12,70
70,00–80,00	7	57,19	56,80	5,32	51,20	64,90	13,70

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

**Tabulka 17.** Porovnání tukuprosté tělesné hmoty (kg) u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	45,58*	45,90	5,85	31,60	57,70	26,10
50,00–59,99	48	46,20	44,40	8,11	28,80	68,80	40,00
60,00–69,99	82	44,68	42,55	9,34	31,00	79,60	48,60
70,00–80,00	61	42,86*	41,90	9,15	29,40	85,30	55,90

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

### 5.1.2 Porovnání minerálních parametrů v kategorii mužů a kategorii žen ve věkových skupinách

Tabulka 18 hodnotí obsah minerálů v kostech (Bone Mineral Content; BMC) změřených BIA mezi jednotlivými věkovými skupina mužů pomocí mediánového testu ( $p=0,0820$ ). Statisticky významný rozdíl pozorovaného parametru mezi věkovými kategoriemi mužů byl ve věkové skupině 50,00–59,99 let a 70,00–80,00 let.

**Tabulka 18.** Porovnání obsahu minerálů v kostech (kg) změřeného bioimpedancí u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	3,52	3,52	0,63	2,44	4,52	2,08
50,00–59,99	12	3,58*	3,55	0,54	2,65	4,66	2,01
60,00–69,99	9	3,16	3,02	0,27	2,81	3,52	0,71
70,00–79,99	7	2,96*	2,92	2,22	2,72	3,31	0,59

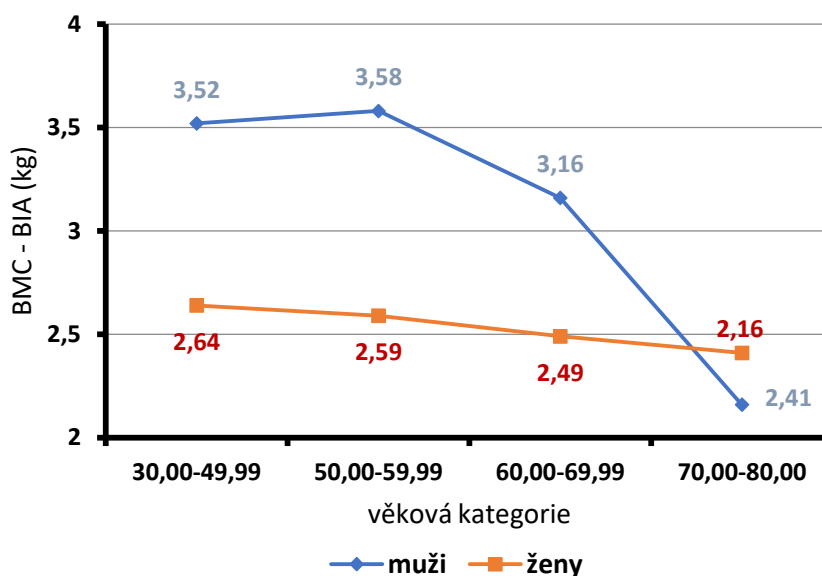
Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Mezi některými věkovými dekádami žen byl zjištěn neparametrickým testem ( $p=0,0110$ ) signifikantní rozdíl v BMC (BIA). Statisticky významný rozdíl obsahu minerálů v kostech byl zaznamenán mezi 30,00–49,99letými a 70,00–80,00letými ženami, a také mezi věkovou skupinou 50,00–59,99letých žen (Tabulka 19). Jak lze z této tabulky vyčíst, průměrné hodnoty BMC (BIA) u žen v jednotlivých věkových kategoriích se zvyšujícím se věkem klesají. Grafické zobrazení průměrného obsahu minerálů v kostech ve věkových kategoriích u mužů a žen zachycuje graf 2.

**Tabulka 19.** Porovnání obsahu minerálů v kostech (kg) změřeno bioimpedancí u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	2,64**	2,63	0,37	1,73	3,44	1,71
50,00–59,99	48	2,59*	2,59	0,38	1,78	3,53	1,75
60,00–69,99	82	2,49	2,41	0,36	1,91	3,75	1,84
70,00–80,00	61	2,41**	2,38	0,33	1,75	3,56	1,81

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí



**Graf 2.** Porovnání obsahu minerálů (kg) v kostech mužů a žen ve věkových kategoriích změřeno pomocí metody BIA

Výše uvedené údaje byly použity pro ověření těchto hypotéz:

**H<sub>30</sub>:** Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejný.

**H<sub>3A</sub>:** Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejný.

Dosažená hladina statistické významnosti Kruskal-Wallisova testu v kategorii mužů  $p=0,0820$  není nižší než 0,05, avšak v kategorii žen byla zjištěna nižší než 0,05 ( $p=0,0110$ ). Proto zamítáme nulovou hypotézu. Průměrný obsah minerálů ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejný.

Signifikantní rozdíl kostní hustoty (Bone Mineral Density; BMD) jak u mužů ( $p=0,3321$ ), tak u žen ( $p=0,1051$ ) nebyl mezi jednotlivými věkovými dekadami Kruskal-Wallisovým testem zaznamenán (Tabulka 20 a 21). Tabulka 20 poskytuje průměrné hodnoty BMD v oblasti bederní páteře u mužů v jednotlivých věkových kategoriích a tabulka 21 poskytuje stejné údaje pro kategorii žen ve věku 30,00 až 80,00 let.

**Tabulka 20.** Porovnání kostní hustoty ( $g/cm^2$ ) v oblasti páteře L1–L4 u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	1,19	1,15	0,24	0,97	1,64	0,67
50,00–59,99	12	1,22	1,24	0,20	0,93	1,59	0,66
60,00–69,99	9	1,23	1,24	0,23	0,92	1,74	0,82
70,00–80,00	7	1,08	1,05	0,25	0,82	1,52	0,70

Legenda: *n* – četnost, *M* – průměr, *Me* – medián, *SD* – směrodatná odchylka, *Min.* – minimální hodnota, *Max.* – maximální hodnota, *R* – variační rozpětí

**Tabulka 21.** Porovnání kostní hustoty ( $g/cm^2$ ) v oblasti páteře L1–L4 u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	1,10	1,10	0,18	0,83	1,58	0,75
50,00–59,99	48	1,07	1,02	0,17	0,67	1,56	0,89
60,00–69,99	82	1,06	1,00	0,20	0,68	1,55	0,88
70,00–80,00	61	1,09	1,07	0,18	0,76	1,61	0,85

Legenda: *n* – četnost, *M* – průměr, *Me* – medián, *SD* – směrodatná odchylka, *Min.* – minimální hodnota, *Max.* – maximální hodnota, *R* – variační rozpětí

Signifikantní rozdíl T-skóre mezi věkovými skupinami v oblasti bederní páteře v kategorii mužů nebyl pomocí mediánového testu ( $p=0,3321$ ) zjištěn (Tabulka 22). Nejnižší průměrná hodnota T-skóre -1,17 byla ve věkové kategorii 70,00–80,00 let (Graf 3).

**Tabulka 22.** Porovnání T-skóre v oblasti páteře L1–L4 u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	-0,27	-0,60	1,96	-2,10	3,50	5,60
50,00–59,99	12	0,05	0,15	1,63	-2,40	3,10	5,50
60,00–69,99	9	0,03	0,10	1,87	-2,50	4,30	6,80
70,00–80,00	7	-1,17	-1,50	2,06	-3,30	2,50	5,80

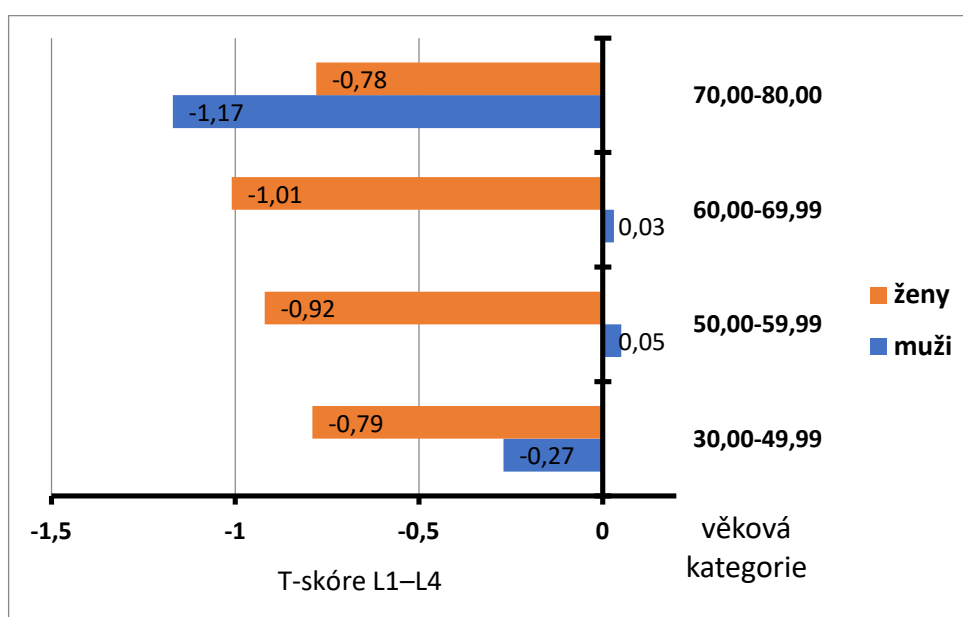
Legenda: *n* – četnost, *M* – průměr, *Me* – medián, *SD* – směrodatná odchylka, *Min.* – minimální hodnota, *Max.* – maximální hodnota, *R* – variační rozpětí

U žen mezi jednotlivými věkovými kategoriemi nebyl Kruskal-Wallisovým testem ( $p=0,1346$ ) zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl T-skóre v oblasti páteře L1–L4. Nejnižší průměrná hodnota T-skóre -1,01 byla ve věkovém intervalu 60,00–69,99 let (Graf 3). V dalších věkových kategoriích spadaly hodnoty T-skóre do klasifikace normální kostní hmoty (Tabulka 23).

**Tabulka 23.** Porovnání T-skóre v oblasti páteře L1–L4 u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	-0,79	-0,70	1,46	-2,90	3,30	6,20
50,00–59,99	48	-0,92	-1,40	1,44	-4,20	3,20	7,40
60,00–69,99	82	-1,01	-1,50	1,62	-4,20	3,10	7,30
70,00–80,00	61	-0,78	-0,90	1,46	-3,50	3,50	7,00

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí



**Graf 3.** T-skóre bederní páteře mužů a žen podle věku

Neparametrickým testem ( $p=0,3321$ ) bylo zjištěno, že mezi věkovými skupinami v kategorii mužů nebyl v hodnotách obsahu minerálů v kosti změřeno pomocí DXA v oblasti bederní páteře zaznamenán signifikantní rozdíl. Nejnižší hodnota BMC 68,65 g byla u 70,00–80,00letých mužů (Tabulka 24).

**Tabulka 24.** Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti páteře L1–L4 u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	75,72	68,50	20,08	56,71	118,92	62,21
50,00–59,99	12	80,29	80,84	19,18	51,92	113,00	61,08
60,00–69,99	9	80,34	80,48	15,34	54,89	113,40	58,51
70,00–80,00	7	68,65	62,38	20,50	48,77	109,40	60,63

Legenda: *n* – četnost, *M* – průměr, *Me* – medián, *SD* – směrodatná odchylka, *Min.* – minimální hodnota, *Max.* – maximální hodnota, *R* – variační rozpětí

Mezi věkovými skupinami v kategorii žen nebyl v hodnotách BMC bederní páteře (DXA) zaznamenán neparametrickým testem ( $p=0,3966$ ) signifikantní rozdíl. U žen průměrné hodnoty BMC s přibývajícím věkem klesaly (Tabulka 25), což je v souladu s již známými poznatky o úbytku kostní hmoty s věkem (Demontiero, Vidal a Duque, 2012).

**Tabulka 25.** Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti páteře L1–L4 u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	60,19	57,62	15,24	39,64	114,89	75,25
50,00–59,99	48	57,82	55,35	14,21	28,72	100,52	72,25
60,00–69,99	82	57,06	53,48	14,31	33,44	103,35	69,91
70,00–80,00	61	58,47	56,94	11,87	30,04	88,97	58,93

Legenda: *n* – četnost, *M* – průměr, *Me* – medián, *SD* – směrodatná odchylka, *Min.* – minimální hodnota, *Max.* – maximální hodnota, *R* – variační rozpětí

Ve spojitosti s výše uvedenými výsledky je možno potvrdit nebo vyvrátit následující hypotézy:

**H<sub>40</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejný.

**H<sub>4A</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejný.

Zjištěné výsledky ukazují, že dosažená hladina statistické významnosti použitého mediánového testu v kategorii mužů  $p=0,8706$  i v kategorii žen  $p=0,3043$  je vyšší než 0,05, proto nelze zamítnout **H<sub>40</sub>**, kdy průměrná tělesná výška v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejná, ale nelze ani přijmout alternativní hypotézu **H<sub>4A</sub>**.

Tabulka 26 poskytuje porovnání průměrných hodnot BMD v oblasti kyčle u mužů v jednotlivých věkových kategoriích a tabulka 27 poskytuje porovnání stejného parametru podle věku v kategorii žen. Signifikantní rozdíl sledovaného parametru u věkových kategorií nebyl pomocí mediánového testu ani u mužů ( $p=0,1464$ ) ani u žen ( $p=0,7285$ ) zaznamenán.

**Tabulka 26.** Porovnání kostní hustoty ( $\text{g/cm}^2$ ) kyčle u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	1,07	1,00	0,13	0,82	1,36	0,54
50,00–59,99	12	1,01	1,00	0,13	0,79	1,31	0,53
60,00–69,99	9	0,90	0,87	0,15	0,65	1,10	0,45
70,00–80,00	7	0,93	0,89	0,16	0,80	1,22	0,42

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

**Tabulka 27.** Porovnání kostní hustoty ( $\text{g/cm}^2$ ) kyčle u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	0,93	0,93	0,14	0,70	1,31	0,61
50,00–59,99	48	0,90	0,90	0,12	0,66	1,19	0,53
60,00–69,99	82	0,89	0,90	0,16	0,49	1,29	0,80
70,00–80,00	61	0,97	0,87	0,79	0,56	7,00	6,45

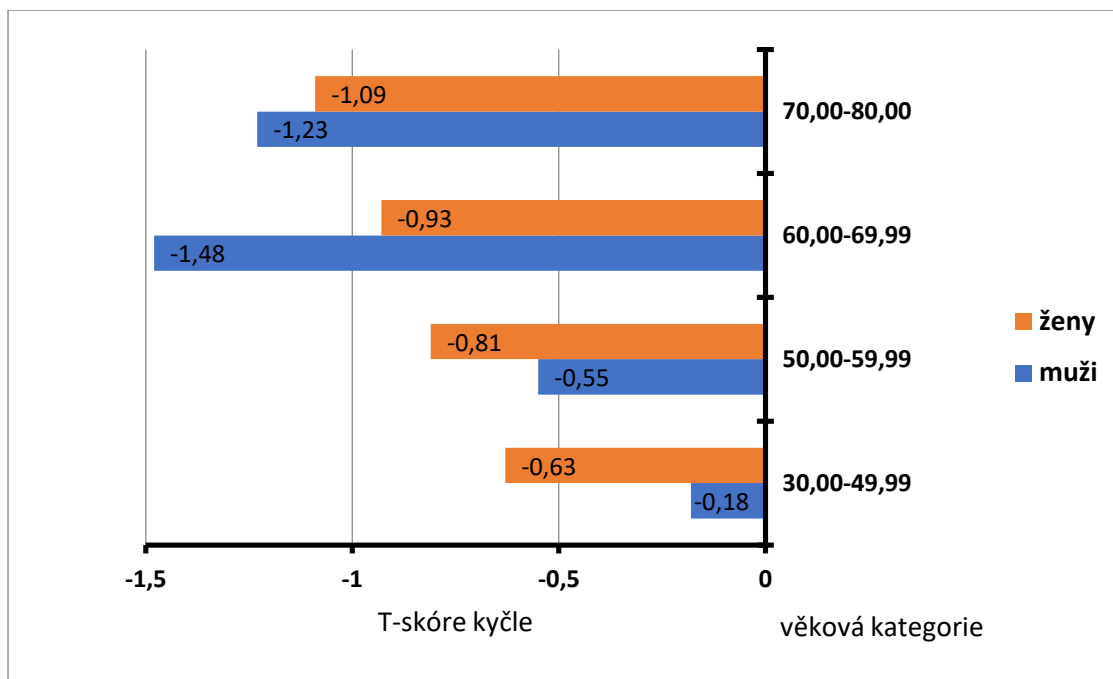
Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Statisticky signifikantní rozdíl T-skóre v oblasti kyčle mezi věkovými skupinami v kategorii mužů nebyl Kruskal-Wallisovým testem ( $p=0,2712$ ) zjištěn (Tabulka 28). U mužů ve věku 60,00–69,99 let a 70,00–80,00 let průměrné hodnoty T-skóre kyčle se nacházely v intervalu pro diagnostiku osteopenie (Graf 4).

**Tabulka 28.** Porovnání T-skóre v oblasti kyčle u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	-0,18	-0,70	1,42	-2,10	2,10	4,20
50,00–59,99	12	-0,55	-0,50	0,99	-2,30	1,70	4,00
60,00–69,99	9	-1,48	-1,70	1,12	-3,40	0,10	3,50
70,00–80,00	7	-1,23	-1,60	1,21	-2,30	1,00	3,30

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí



**Graf 4.** T-skóre kyčle mužů a žen podle věku

Mezi věkovými skupinami žen nebyl neparametrickým testem ( $p=0,7247$ ) zjištěn statisticky signifikantní rozdíl T-skóre v oblasti kyčle (Tabulka 29). U žen se nacházela průměrná hodnota T-skóre kyčle v intervalu pro diagnostiku osteopenie pouze ve věkové kategorii 70,00–80,00 let (Graf 4).

**Tabulka 29.** Porovnání T-skóre v oblasti kyčle u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	-0,63	-0,60	1,11	-2,50	1,70	4,20
50,00–59,99	48	-0,81	-0,80	1,02	-2,90	1,50	4,40
60,00–69,99	82	-0,93	-0,85	1,32	-4,20	2,50	6,70
70,00–80,00	61	-1,09	-1,10	0,91	-3,70	0,80	4,50

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

U mužů nebyl mediánovým testem ( $p=0,8842$ ) zaznamenán mezi věkovými intervaly statisticky signifikantní rozdíl v hodnotách BMC (DXA) v oblasti kyčle (Tabulka 30). Stejně tak u žen nebyl tento statistický rozdíl zjištěn ( $p=0,7414$ ), (Tabulka 31). U obou pohlaví byla nejvyšší průměrná hodnota BMC kyčle ve věkové skupině 30,00–49,99 let, a to 39,00 g u mužů a 30,05 g u žen.



**Tabulka 30.** Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti kyčle u mužů v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	11	39,00	35,78	6,97	30,53	51,02	20,49
50,00–59,99	12	37,78	37,20	7,67	28,08	55,43	27,35
60,00–69,99	9	35,28	33,70	5,49	25,13	43,62	18,49
70,00–80,00	7	35,79	34,72	6,39	27,35	47,00	19,64

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

**Tabulka 31.** Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti kyčle u žen v jednotlivých věkových kategoriích

Věkové kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
30,00–49,99	29	30,05	29,71	6,62	20,50	54,54	34,04
50,00–59,99	48	28,18	28,00	6,36	1,71	40,92	39,21
60,00–69,99	82	28,79	28,53	5,88	15,82	51,14	35,32
70,00–80,00	61	29,02	29,20	4,10	20,49	36,43	15,94

Legenda: n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Výše uvedené údaje byly použity pro ověření těchto hypotéz:

**H5<sub>0</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejný.

**H5<sub>A</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách není stejný.

Dosažená hladina významnosti Kruskal-Wallisovot testu u mužů ( $p=0,8842$ ) ani u žen ( $p=0,7414$ ) není nižší než 0,05. Proto nelze zamítnout hypotézu **H5<sub>0</sub>**, kdy průměrný obsah minerálů v kosti diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých věkových skupinách je stejný, ale nelze ani přijmout alternativní hypotézu **H5<sub>A</sub>**.

## 5.2 Porovnání somatických a minerálních parametrů mezi muži a ženami ve věkových kategoriích

Porovnání somatických a minerálních parametrů mezi muži a ženami ve věkových kategoriích bylo provedeno pomocí Mann-Whitneyova U testu.

Diferenci průměrných hodnot somatických a minerálních parametrů mužů a žen pomocí U testu ve věkové kategorii 30,00–49,99 let uvádí tabulka 32. V této věkové kategorii byl rozdíl v BMC (DXA) mužů a žen větší v bederní páteři ( $d=15,53$  g) než kyčli ( $d=8,94$  g).

Zjištěný rozdíl v pohlaví průměrných hodnot BMC (DXA) U testem ( $p=0,0053$ ) v oblasti L1–L4 byl statisticky významně signifikantní.

**Tabulka 32.** Porovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věku 30,00–49,99 let

Parametr	Muži (n=11)		Ženy (n=29)		d	p
	M	SD	M	SD		
Tělesná výška (cm)	176,12	6,52	164,05	6,36	12,07	0,0001**
Hmotnost (kg)	94,69	22,43	67,82	17,35	26,87	0,0020**
BMI ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	30,29	5,72	25,08	5,68	5,21	0,0148*
BF (%)	20,59	11,22	30,45	11,22	0,14	0,8916
FFM (%)	69,41	11,22	69,55	11,22	0,14	0,8916
BMC – BIA (kg)	3,52	0,63	2,64	0,37	0,88	0,0002**
L1-L4 BMD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	1,19	0,24	1,10	0,18	0,09	0,2755
L1-L4 T-skóre	-0,27	1,96	-0,79	1,46	0,52	0,5649
L1-L4 BMC – DXA (g)	75,72	20,08	60,19	15,24	15,53	0,0053**
Kyčel BMD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	1,07	0,18	0,93	0,14	0,14	0,0394*
Kyčel T-skóre	-0,18	1,42	-0,63	1,11	0,45	0,5052
Kyčel BMC – DXA (g)	38,99	6,97	30,05	6,62	8,94	0,0003**

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , M – průměr, SD – směrodatná odchylka, d – diference, BMI – index tělesné hmotnosti, BF – tělesný tuk, FFM – tukuprostá tělesná hmota, BMC – obsah minerálů v kostech, BMD – kostní hustota, BIA – bioelektrická impedance, DXA – dvouenergieová rentgenová absorpciometrie

Ve věkové kategorii 50,00–59,99 let byl zaznamenán Mann-Whitneyovým testem největší počet sledovaných parametrů, jejichž pohlavní rozdíl byl statisticky významný. Výsledky ukazuje tabulka 33.

**Tabulka 33.** Porovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věku 50,00–59,99 let

Parametr	Muži (n=12)		Ženy (n=48)		d	p
	M	SD	M	SD		
Tělesná výška (cm)	178,57	10,50	161,77	6,35	16,8	0,0000**
Hmotnost (kg)	92,88	12,48	75,35	18,35	17,53	0,0009**
BMI ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	29,18	3,56	28,76	6,74	0,42	0,4431
BF (%)	29,59	6,45	37,26	9,08	7,67	0,0051**
FFM (%)	70,41	6,45	62,74	9,08	7,67	0,0051**
BMC – BIA (kg)	3,58	0,54	2,59	0,38	0,99	0,0000**
L1-L4 BMD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	1,22	0,20	1,07	0,17	0,15	0,0151*
L1-L4 T-skóre	0,05	1,63	-0,92	1,44	0,87	0,0594
L1-L4 BMC – DXA (g)	80,29	19,18	57,82	14,21	22,47	0,0003**
Kyčel BMD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	1,01	0,13	0,90	0,12	0,11	0,0078**
Kyčel T-skóre	-0,55	0,99	-0,81	1,02	0,26	0,4322
Kyčel BMC – DXA (g)	37,78	7,67	28,18	6,36	9,6	0,0002**

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , M – průměr, SD – směrodatná odchylka, d – diference, BMI – index tělesné hmotnosti, BF – tělesný tuk, FFM – tukuprostá tělesná hmota, BMC – obsah minerálů v kostech, BMD – kostní hustota, BIA – bioelektrická impedance, DXA – dvouenergieová rentgenová absorpciometrie

Z minerálních parametrů naměřených zařízením DXA ve věkové kategorii 60,00–69,99 let nebyl zaznamenán neparametrickým testem statisticky významný rozdíl mezi muži a ženami v T-skóre bederní páteře ( $p=0,0952$ ) a kyčle ( $p=0,2529$ ), a také nebyl zjištěn statisticky signifikantní rozdíl mezi muži a ženami v BMD kyčle ( $p=0,7598$ ). Detailnější výsledky rozdílů v pohlaví v příslušné věkové kategorii poskytuje tabulka 34.

**Tabulka 34.** Porovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věku 60,00–69,99 let

Parametr	Muži (n=9)		Ženy (n=82)		d	p
	M	SD	M	SD		
<b>Tělesná výška (cm)</b>	173,31	4,32	160,33	6,33	12,98	<b>0,0000**</b>
<b>Hmotnost (kg)</b>	89,98	12,98	69,44	14,98	20,54	<b>0,0004**</b>
<b>BMI (g/cm<sup>2</sup>)</b>	29,98	4,29	26,95	5,19	3,03	0,0646
<b>BF (%)</b>	36,89	7,29	34,92	8,55	1,97	0,5020
<b>FFM (%)</b>	63,11	7,29	65,08	8,55	1,97	0,5020
<b>BMC – BIA (kg)</b>	3,16	0,27	2,49	0,36	0,67	<b>0,0000**</b>
<b>L1-L4 BMD (g/cm<sup>2</sup>)</b>	1,23	0,23	1,06	0,20	0,17	<b>0,0260*</b>
<b>L1-L4 T-skóre</b>	0,03	1,87	-1,01	1,62	0,98	0,0952
<b>L1-L4 BMC – DXA(g)</b>	80,34	15,34	57,06	14,31	23,28	<b>0,0003**</b>
<b>Kyčel BMD (g/cm<sup>2</sup>)</b>	0,90	0,15	0,89	0,16	0,01	0,7598
<b>Kyčel T-skóre</b>	-1,48	1,12	-0,93	1,32	0,55	0,2529
<b>Kyčel BMC - DXA (g)</b>	35,28	5,49	28,79	5,88	6,49	<b>0,0031**</b>

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , M – průměr, SD – směrodatná odchylka, d – diference, BMI – index tělesné hmotnosti, BF – tělesný tuk, FFM – tukuprostá tělesná hmota, BMC – obsah minerálů v kostech, BMD – kostní hustota, BIA – bioelektrická impedance, DXA – dvouenergieová rentgenová absorpciometrie

Ve věkové kategorii 70,00–80,00 let byly zjištěny U testem vysoce signifikantní rozdíly mezi muži a ženami ve dvou minerálních parametrech. Jednak rozdíl ( $p=0,0092$ ) BMC změřený pomocí BIA byl u mužů o 0,25 kg vyšší než u žen, a jednak rozdíl ( $p=0,0077$ ) v BMC kyčle u mužů a žen, který se lišil o 6,77 g, byl statisticky vysoce významný (Tabulka 35).

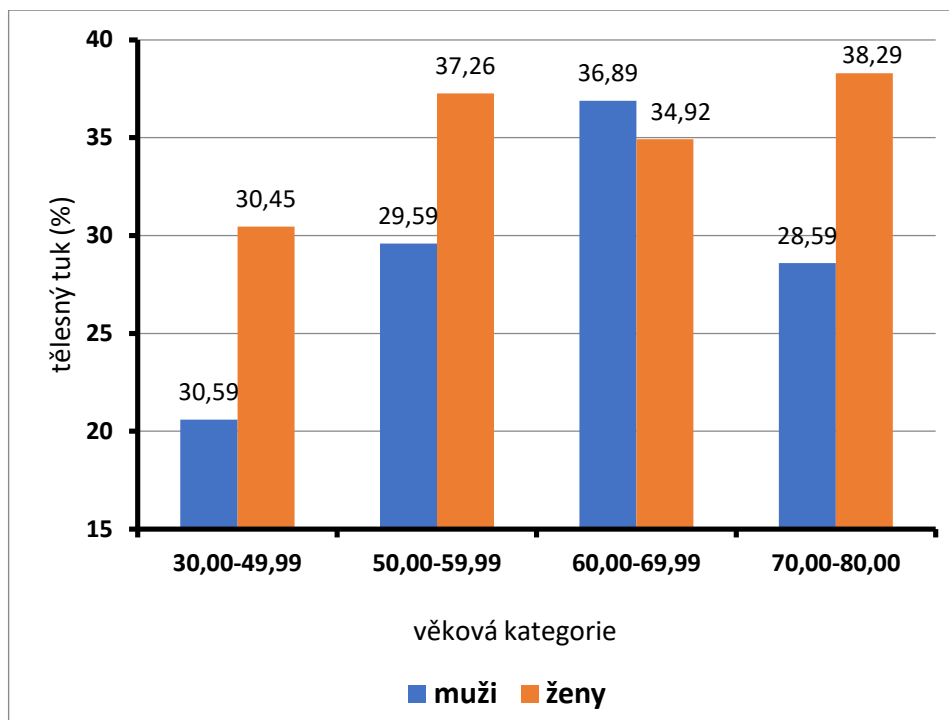
**Tabulka 35. Porovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věku 70,00–80,00 let**

Parametr	Muži (n=7)		Ženy (n=61)		d	p
	M	SD	M	SD		
<b>Tělesná výška (cm)</b>	169,09	2,70	157,82	6,32	11,27	0,0001**
<b>Hmotnost (kg)</b>	80,46	9,13	70,25	14,00	10,21	0,0264*
<b>BMI (g/cm<sup>2</sup>)</b>	28,14	2,96	28,22	5,55	0,08	0,8797
<b>BF (%)</b>	28,59	5,84	38,29	9,01	9,7	0,0042**
<b>FFM (%)</b>	71,41	5,84	61,71	9,01	9,7	0,0042**
<b>BMC – BIA (kg)</b>	2,16	2,19	2,41	0,33	0,25	0,0092**
<b>L1-L4 BMD (g/cm<sup>2</sup>)</b>	1,08	0,25	1,09	0,18	0,01	0,6068
<b>L1-L4 T-skóre</b>	-1,17	2,06	-0,78	1,46	0,39	0,3129
<b>L1-L4 BMC – DXA (g)</b>	38,65	20,50	58,47	11,88	10,18	0,2584
<b>Kyčel BMD (g/cm<sup>2</sup>)</b>	0,93	0,16	0,97	0,79	0,04	0,4737
<b>Kyčel T-skóre</b>	-1,23	1,21	-1,09	0,91	0,14	0,4863
<b>Kyčel BMC – DXA (g)</b>	35,79	6,39	29,02	4,10	6,77	0,0077**

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , M – průměr, SD – směrodatná odchylka, d – diference, BMI – index tělesné hmotnosti, BF – tělesný tuk, FFM – tukuprostá tělesná hmota, BMC – obsah minerálů v kostech, BMD – kostní hustota, BIA – bioelektrická impedance, DXA – dvouenergieová rentgenová absorpciometrie

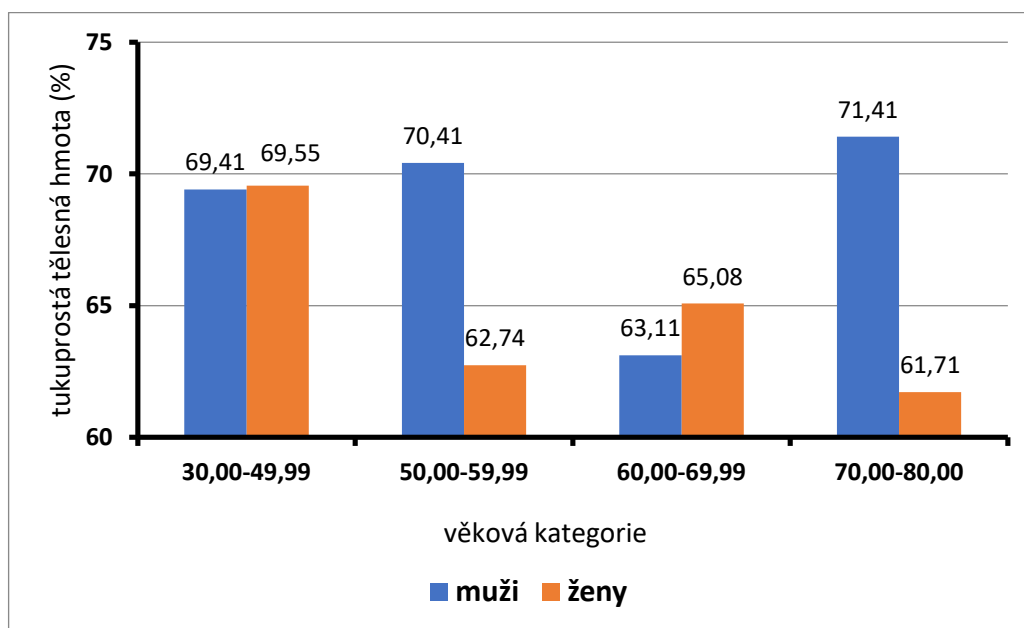
Největší rozdíl v pohlaví v jednotlivých věkových kategoriích byl pro BMD bederní páteře ve věkovém rozpětí 60,00–69,99 let. Velikost rozdílu byla 0,17 g. Největší rozdíl mezi muži a ženami v průměrných hodnotách BMD kyčle v daných věkových kategoriích byl mezi 30,00–49,99 lety. Velikost rozdílu činila 0,14 g (Tabulky 32–35).

Rozdíly somatického parametru procenta tělesného tuku mezi muži a ženami v jednotlivých věkových kategoriích zobrazuje graf 5. Z grafu je zřejmé, že relativní zastoupení BF u žen bylo ve všech věkových kategoriích vyšší ve srovnání s muži s výjimkou věkové skupiny 60,00–69,99 let. Z grafu je patrný trend u obou pohlaví relativního přírůstku tuku s věkem. Tyto změny ve složení těla jsou fyziologicky spojeny se stárnutím (Baker, 2013).



**Graf 5.** Relativní zastoupení tělesného tuku u mužů a žen ve věkových kategoriích

Průměrné zastoupení procenta tukuprosté tělesné hmoty u mužů a žen v daných věkových intervalech Graf 6. U žen lze pozorovat sestupný trend relativního množství FFM, který je fyziologicky spojen se stárnutím (Bai, 2018). Jak lze vidět z grafu, u mužů byl vývoj FFM opačný, což může být způsobeno nízkým početním zastoupením ve věkových skupinách, ale také vyšší mírou komorbidity u mužů.



**Graf 6.** Relativní zastoupení tukuprosté tělesné hmoty u mužů a žen ve věkových kategoriích

### 5.3 Porovnávání somatických a minerálních parametrů mezi kategoriemi BMI

Porovnávání vybraných somatických a minerálních parametrů mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti (dále jen BMI; Body Mass Index) v kategorii mužů a kategorii žen bylo provedeno pomocí Kruskal-Wallisova testu.

#### 5.3.1 Porovnání somatických parametrů v kategorii mužů a kategorii žen mezi kategoriemi BMI

Kruskal-Wallisovým testem jak u mužů ( $p=0,8706$ ), tak u žen ( $p=0,3043$ ) nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl tělesné výšky mezi jednotlivými BMI kategoriemi v rámci jednotlivých pohlaví (Tabulka 36 a 37). U mužů lze pozorovat klesající trend tělesné výšky se zvyšujícím se BMI. V kategorii BMI norma byla u mužů vysledována průměrná hodnota 175,78 cm. U kategorie BMI obezita u mužů byla průměrná tělesná výška 174,85 cm (Tabulka 36). Tabulka 37 poskytuje průměrné hodnoty tělesné výšky u žen ve věku 30,00 až 80,00 let v jednotlivých skupinách BMI.

*Tabulka 36. Porovnání tělesné výšky (cm) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů*

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	175,78	174,80	5,11	171,80	171,10	11,30
Nadváha	16	174,89	170,90	10,07	158,00	195,20	37,20
Obezita	19	174,85	175,70	6,08	165,70	187,60	21,90

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

*Tabulka 37. Porovnání tělesné výšky (cm) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen*

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	88	161,32	161,65	5,79	146,00	174,40	28,40
Nadváha	70	159,66	159,80	6,90	142,50	175,60	33,10
Obezita	62	160,06	159,95	7,28	142,70	176,90	34,20

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

S tělesnou výškou v BMI kategoriích se pojí následující hypotézy:

**H<sub>0</sub>**: Průměrná tělesná výška (cm) v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejná.

**H<sub>A</sub>**: Průměrná tělesná výška (cm) v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílná.

Dosažená hladina významnosti použitého mediánového testu v kategorii mužů  $p=0,8706$  i v kategorii žen  $p=0,3043$  je vyšší než 0,05, proto nelze zamítnout  $H_0$ , kdy průměrná tělesná výška v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejná, ale nelze ani přijmout alternativní hypotézu  $H_A$ .

Mediánový test ( $p=0,0008$ ) byl použit k zjištění statistické významnosti rozdílu tělesné hmotnosti mezi skupinami BMI u mužů, (Tabulka 38). Test prokázal statisticky významné rozdíly mezi sledovaným parametrem u mužů ve všech kategoriích BMI.

**Tabulka 38.** Porovnání tělesné hmotnosti (kg) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	69,83**	73,40	12,75	51,80	80,70	28,90
Nadváha	16	83,02**	79,85	10,27	71,40	110,60	39,20
Obezita	19	101,14**	99,20	12,33	83,70	134,10	50,40

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

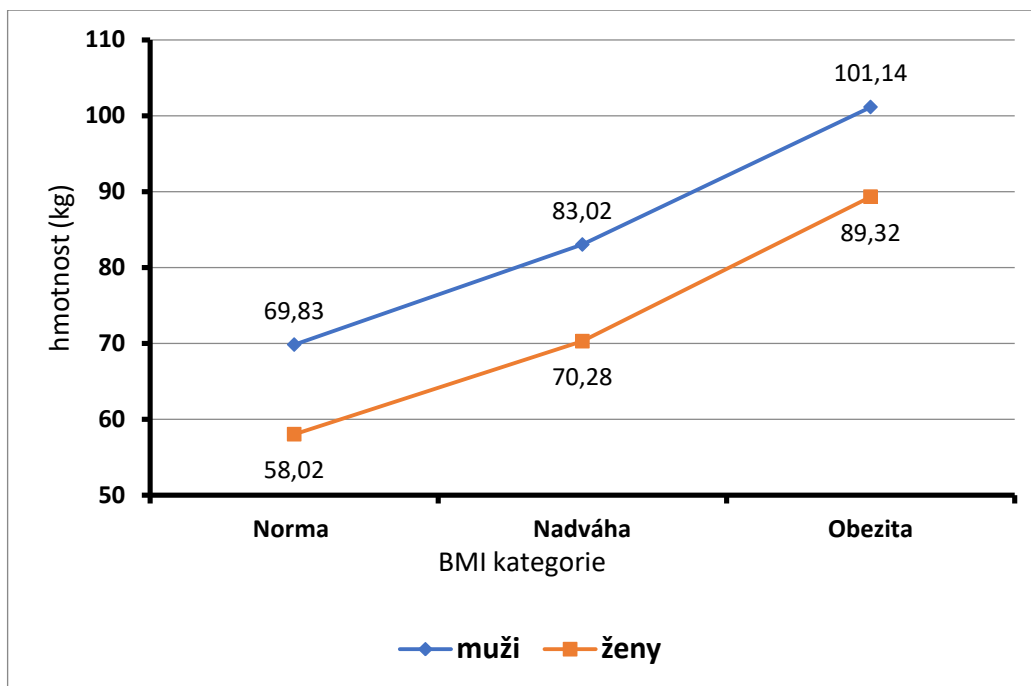
Významná statistická významnost rozdílu průměrných hodnot hmotnosti mezi BMI kategoriemi u žen byla zjištěna neparametrickým testem ( $p=0,0000$ ) mezi všemi kategoriemi (Tabulka 39).

**Tabulka 39.** Porovnání tělesné hmotnosti (kg) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	88	58,02**	58,30	6,75	67,00	73,20	36,20
Nadváha	70	70,28**	71,05	7,35	50,70	87,80	37,10
Obezita	62	89,32**	89,75	14,18	62,20	165,00	72,80

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Průměrné hodnoty tělesné hmotnosti BMI kategorií 30–80letých mužů a žen jsou vyneseny do grafu 7.



**Graf 7.** Porovnání hmotnosti (kg) mužů a žen v BMI kategoriích

U mužů byl Kruskal-Wallis testem ( $p=0,0000$ ) zjištěn významně signifikantní rozdíl v relativním zastoupení tělesného tuku napříč BMI kategoriemi (Tabulka 40). Trend průměrných hodnot procentuálního množství BF v kategoriích BMI u mužů vizualizuje graf 8.

**Tabulka 40.** Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (%) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	21,70**	22,80	9,08	10,50	30,70	20,20
Nadváha	16	26,46**	26,80	5,74	14,00	36,60	22,60
Obezita	19	37,56**	37,30	5,22	29,20	48,60	19,40

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

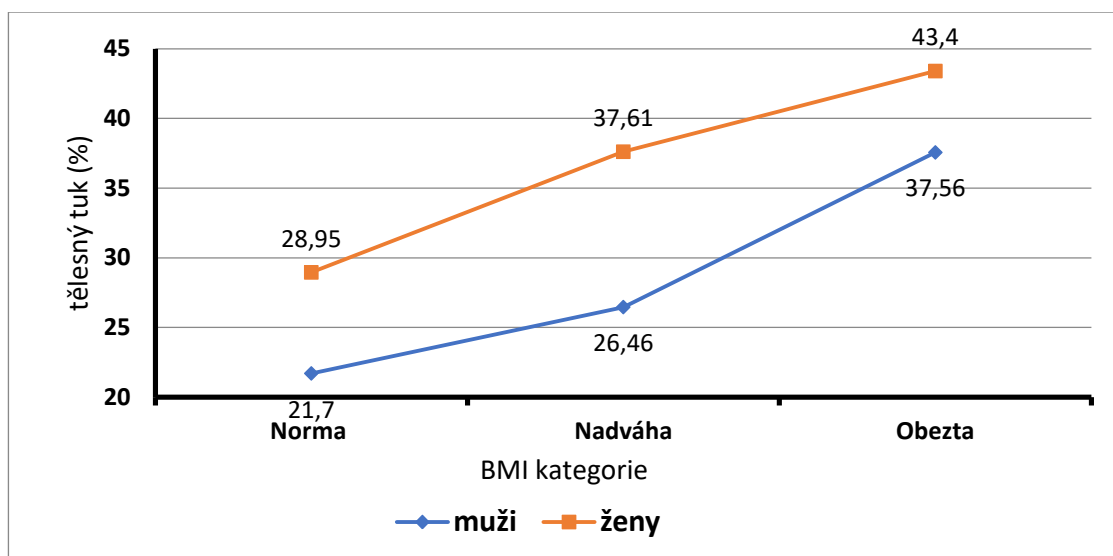
Porovnání procentuálního zastoupení BF pomocí mediánového testu ( $p=0,0000$ ) mezi jednotlivými BMI kategoriemi u žen zachycuje tabulka 41. U žen nebyl napříč skupinami zmíněným testem zjištěn statisticky významný rozdíl v relativním zastoupení BF. Trend průměrných hodnot procentuálního množství BF v kategoriích BMI u žen vizualizuje graf 8.



**Tabulka 41.** Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (%) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	88	28,95	30,00	6,70	14,60	40,20	25,60
Nadváha	70	37,61	39,05	6,02	18,10	49,40	31,30
Obezita	62	43,40	45,70	9,27	10,50	54,70	44,20

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min.– minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R–variační rozpětí



**Graf 8.** Porovnání relativního množství tělesného tuku (%) mužů a žen v BMI kategoriích

### 5.3.2 Porovnání minerálních parametrů v kategorii mužů a kategorii žen mezi kategoriemi BMI

Na základě Kruskal-Wallisova testu ( $p=0,4276$ ) v našem souboru mužů nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v BMC změřeného zařízením BIA mezi BMI kategoriemi (Tabulka 42). Z tabulky je patrné, že průměrná hodnota BMC (BIA) se zvyšuje s rostoucím BMI. V kategorii BMI norma byla průměrná hodnota sledované veličiny 2,95 kg. U obézních mužů bylo bioimpedancí naměřeno 3,46 kg minerálů v kostech.

**Tabulka 42.** Porovnání obsahu minerálů v kostech (kg) změřeného bioimpedancí mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	2,95	2,87	0,51	2,44	3,64	1,20
Nadváha	16	3,33	3,14	0,59	2,65	4,66	2,01
Obezita	19	3,46	3,38	0,44	2,99	4,52	1,53

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min.–minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R–variační rozpětí

Mezi některými BMI kategoriemi u žen byl zjištěn neparametrickým testem ( $p=0,0057$ ) signifikantní rozdíl v obsahu minerálů v kostech změřeného zařízení BIA. Statisticky významný rozdíl BMC (BIA) byl zaznamenán mezi BMI kategoriemi norma a obezita (Tabulka 43). Jak lze z této tabulky vyčíst, průměrné hodnoty BMC u žen rostou se zvyšujícím se BMI.

**Tabulka 43.** Porovnání obsahu minerálů v kostech (kg) změřeného bioimpedancí mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	88	2,40**	2,40	0,26	1,73	3,06	1,33
Nadváha	70	2,50	2,44	0,35	1,75	3,44	1,69
Obezita	62	2,68**	2,58	0,43	1,99	3,75	1,76

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Prezentované výsledky mohou potvrdit platnost následujících hypotéz:

**H7<sub>0</sub>:** Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejný.

**H7<sub>A</sub>:** Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílný.

Hladina významnosti Kruskal-Wallisova testu v kategorii žen  $p=0,0057$  je nižší než 0,05, ovšem u mužů dosažená hladina významnosti  $p=0,4276$  nižší než 0,05 není. Proto nelze zamítnout nulovou hypotézu, kdy průměrný obsah minerálů ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejný, ale ani nelze přijmout hypotézu alternativní **H7<sub>A</sub>**.

Signifikantní rozdíl kostní hustoty (Bone Mineral Density; BMD) v oblasti bederní páteře mezi BMI kategoriemi u mužů nebyl pomocí neparametrického testu ( $p=0,4846$ ) zjištěn (Tabulka 44). Nejnižší průměrná hodnota BMD 1,11 g/cm<sup>2</sup> byla vysledována u mužů s nadváhou (Graf 9).

**Tabulka 44.** Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	1,12	1,14	0,13	0,97	1,24	0,27
Nadváha	16	1,11	1,13	0,19	0,82	1,59	0,77
Obezita	19	1,26	1,24	0,24	0,92	1,74	0,82

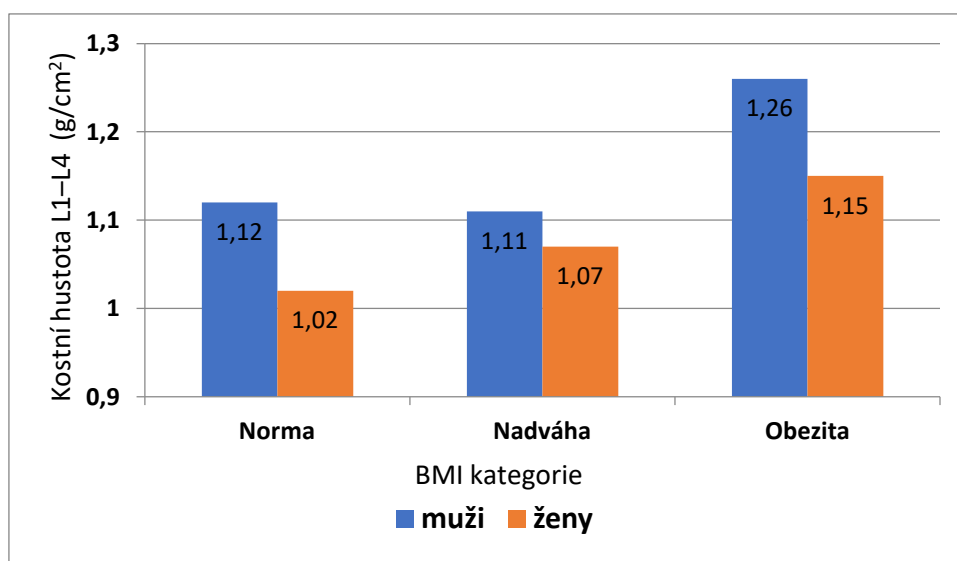
Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Průměrné hodnoty BMD v oblasti páteře L1–L4 u žen nejsou v kategoriích BMI stejné. Pokud jde o rozdíl těchto hodnot mezi kategoriemi BMI, bylo mediánovým testem ( $p=0,0083$ ) zjištěno, že je mezi všemi hodnotami vysoce signifikantní rozdíl (Tabulka 45). Největší průměrná hodnota BMD byla zaznamenána v kategorii BMI obezita,  $1,15 \text{ g}/\text{cm}^2$ . V kategorii BMI nadváha byla hodnota BMD  $1,07 \text{ g}/\text{cm}^2$  a v kategorii BMI norma činil průměr BMD  $1,02 \text{ g}/\text{cm}^2$ , (Graf 9). Také studie (Zhu et al., 2015) zaznamenala pozitivní dopad nadváhy u žen na jejich BMD.

**Tabulka 45.** Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	88	1,02**	1,00	0,16	0,67	1,58	0,91
Nadváha	70	1,07**	1,03	0,18	0,68	1,54	0,87
Obezita	62	1,15**	1,12	0,19	0,76	1,61	0,85

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí



**Graf 9.** Kostní hustota bederní páteře u mužů a žen v BMI kategoriích

K BMD v oblasti bederní páteře se vztahují hypotézy:

**H<sub>0</sub>**: Průměrná kostní hustota (g/cm<sup>2</sup>) diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je stejná.

**H<sub>A</sub>**: Průměrná kostní hustota (g/cm<sup>2</sup>) diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílná.

Dosažená hladina významnosti použitého Kruskal-Wallisova testu v kategorii žen  $p=0,0083$  je nižší než 0,05. V kategorii mužů však hladina významnosti Kruskal-Wallisova testu  $p = 0,4846$  je vyšší než 0,05. Uvedené údaje nám nedovolují zamítnout nulovou hypotézu **H<sub>0</sub>**, ale také nelze potvrdit platnost hypotézy **H<sub>A</sub>**, kdy průměrná kostní hustota diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 v kategorii mužů a kategorii žen v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílná.

V rozdílech T-skóre v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi BMI u mužů nebyla mediánovým testem zjištěna statistická významnost ( $p=0,4846$ ), (Tabulka 46). Jak ukazuje tabulka, kladná hodnota 0,36 sledovaného parametru byla zjištěna u obézních mužů. To je v souladu s informacemi z přehledového článku (López-Gómez, Castrillón a Román, 2016), ve kterém je uvedeno, že obezita ovlivňuje kostní metabolismu mechanickým, hormonálním a zánětlivým způsobem. Jedním z nich je také stimulace nárůstu kostní hmoty jako odpovědi na větší mechanické zatížení kostí.

**Tabulka 46.** Porovnání T-skóre v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	-0,83	-0,70	1,07	92,10	0,20	2,30
Nadváha	16	-0,86	-0,60	1,60	-3,30	3,10	6,40
Obezita	19	0,36	0,10	2,01	-2,50	4,30	6,80

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Statistická významnost rozdílů T-skóre v oblasti bederní páteře u žen mezi jednotlivými BMI kategoriemi byla Kruskal-Wallisovým testem ( $p=0,0057$ ) zaznamenána u všech skupin (Tabulka 47). Nejnižší průměrná hodnota T-skóre -1,35 se nacházela v BMI kategorii norma. Pouze u žen z BMI kategorie norma spadala průměrná hodnota T-skóre -1,35 do klasifikace nízké kostní hmoty, tedy osteopenie. V jiných BMI skupinách bylo T-skóre v intervalu pro normální kostní hmotu a s narůstajícím BMI T-skóre rostlo. Zhu et al. (2015) považují nízké BMI za rizikový faktor vzniku OP. To by mohlo

objasnit tento výsledek, protože jedinci s podváhou byli v této práci zařazeni do BMI kategorie norma.

**Tabulka 47.** Porovnání T-skóre v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
<b>Norma</b>	88	-1,35**	-1,55	1,33	-4,20	3,30	7,50
<b>Nadváha</b>	70	-0,91**	-1,25	1,49	-4,20	3,00	7,20
<b>Obezita</b>	62	-0,24**	-0,50	1,55	-3,50	3,50	7,00

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

U mužů signifikantní rozdíl obsahu minerálu v kosti (Bone Mineral Content; BMC) měřeného dvouenergií rentgenovou absorpciometrií v oblasti bederní páteře mezi BMI kategoriemi mediánovým testem ( $p=0,4846$ ) zjištěn nebyl, jak je vidět v tabulce 48.

**Tabulka 48.** Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergií rentgenové absorpciometrie v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
<b>Norma</b>	4	73,73	73,71	11,72	61,45	86,04	24,59
<b>Nadváha</b>	16	71,70	68,69	18,42	48,77	113,00	64,23
<b>Obezita</b>	19	81,99	78,91	19,37	54,89	118,92	64,03

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

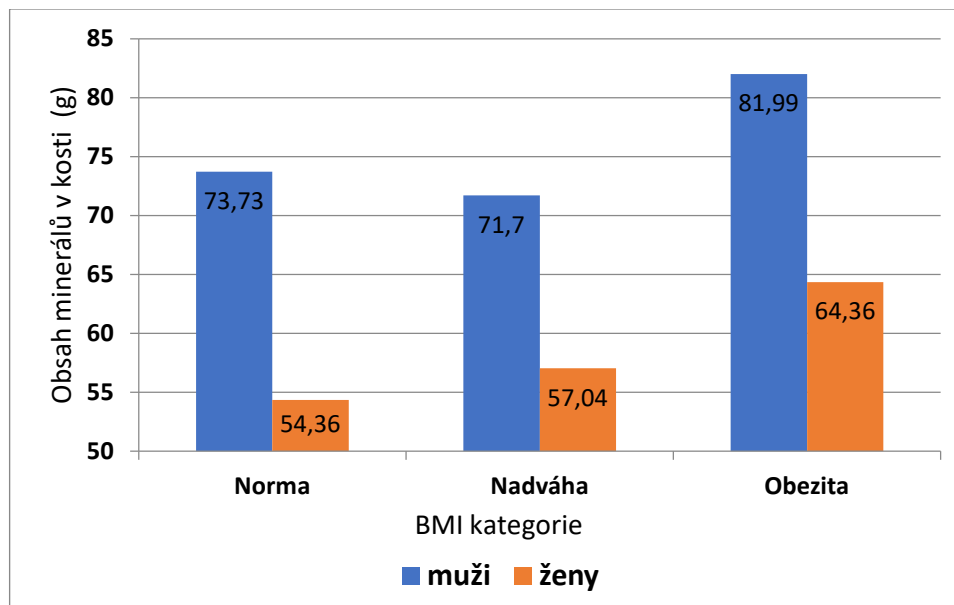
Pomocí Kruskal-Wallis testu ( $p=0,0029$ ) byla zjištěna statistická významnost rozdílů BMC z DXA vyšetření bederní páteře žen mezi všemi BMI kategoriemi, (Tabulka 49). Nejvyšší průměrná hodnota 64,36 g byla zaznamenána u obézních žen. Ženy s normálním indexem tělesné hmotnosti měli průměr obsahu minerálů v kosti nejnižší (54,36 g).

**Tabulka 49.** Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergií rentgenové absorpciometrie v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
<b>Norma</b>	88	54,36**	52,97	12,89	28,27	114,89	86,62
<b>Nadváha</b>	70	57,04**	55,21	12,32	33,44	93,05	59,61
<b>Obezita</b>	62	64,36**	63,08	14,37	34,69	103,35	68,66

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Naměřené hodnoty BMC (DXA) zobrazuje graf 10. Z něj je zřejmý pohlavní dimorfismus v množství minerálů v kostech, kdy muži ve srovnání s ženami mají vyšší hodnoty kostních minerálů. Také je z grafu patrné, že s přibývajícím BMI obsah minerálů zvyšuje.



**Graf 10.** Obsah minerálů v kostech (DXA) u mužů a žen v BMI kategoriích

Tabulka 50 poskytuje porovnání průměrných hodnot BMD v oblasti kyčle u mužů mezi jednotlivými BMI kategoriemi a tabulka 51 poskytuje porovnání stejného parametru u žen mezi BMI kategoriemi. Pomocí neparametrického testu ( $p=0,1177$ ) nebyl u mužů zaznamenán statistický rozdíl BMD kyčle mezi BMI kategoriemi. Signifikantní rozdíl BMD kyčle u žen byl Kruskal-Wallisovým testem ( $p=0,0000$ ) zaznamenán mezi všemi BMI kategoriemi.

**Tabulka 50.** Porovnání kostní hustoty ( $g/cm^2$ ) kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	0,89	0,89	0,07	0,80	0,96	0,16
Nadváha	16	-0,94	-0,80	1,07	-3,40	0,80	4,20
Obezita	19	1,03	1,00	0,19	0,78	1,36	0,58

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

**Tabulka 51.** Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	88	0,85**	0,84	0,14	0,49	1,31	0,82
Nadváha	70	0,97**	0,88	0,74	0,49	7,00	6,51
Obezita	62	0,97**	0,95	0,12	0,73	1,29	0,57

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti; \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ ; n – četnost; M – průměr; Me – medián; SD – směrodatná odchylka; Min. – minimální hodnota; Max. – maximální hodnota; R – variační rozpětí

Pro BMD v oblasti kyčle byly stanoveny tyto hypotézy:

**H<sub>0</sub>**: Průměrá kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii v jednotlivých BMI kategoriích je stejná.

**H<sub>A</sub>**: Průměrá kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii v jednotlivých BMI kategoriích je rozdílná.

Dosažena hladina významnosti neparametrického mediánového testu  $p=0,1177$  nebyla u mužů vyšší než 0,05, ale u žen hladina významnosti Kruskal-Wallisova testu  $p=0,0000$  nižší než 0,05 byla. Z výsledků vyplývá, že nelze vyvrátit nulovou hypotézu **H<sub>0</sub>**, kdy průměrá kostní hustota diagnostikovaná pomocí DXA v oblasti kyčle v kategorii mužů a kategorii v jednotlivých BMI kategoriích je stejná, ale nelze ani přijmout hypotézu **H<sub>A</sub>**.

Statisticky signifikantní rozdíl T-skóre v oblasti kyčle mezi BMI kategoriemi mužů nebyl mediánovým testem ( $p=0,1555$ ) zjištěn (Tabulka 52). U mužů s nadváhou a obezitou se průměrné hodnoty T-skóre kyčle nacházely v intervalu normální kostní hmoty.

**Tabulka 52.** Porovnání T-skóre v oblasti kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	-1,60	-1,55	0,55	-2,30	-1,00	1,30
Nadváha	16	-0,94	-0,80	1,07	-3,40	0,80	4,20
Obezita	19	-0,48	-0,70	1,44	-2,40	2,10	4,50

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Statistická významnost rozdílů v T-skóre mezi kategoriemi BMI u žen byla testována Kruskal-Wallisovým testem ( $p=0,0000$ ). Byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi jednotlivými skupinami daného pohlaví. V našem výzkumném souboru mělo T-skóre klesající trend s klesajícím BMI.

**Tabulka 53.** Porovnání T-skóre v oblasti kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	88	-1,30**	-1,35	1,11	-4,20	1,70	5,90
Nadváha	70	-0,97**	-1,00	1,04	-4,20	1,70	5,90
Obezita	62	-0,27**	-0,45	0,97	-2,30	2,50	4,80

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

U mužů statistická významnost rozdílů v BMC kyčle (DXA) nebyla mediánovým testem ( $p=0,5982$ ) zjištěna mezi žádnou BMI kategorií (Tabulka 54). Nejnižší průměrná hodnota 32,88 g byla zjištěna v BMI kategorii norma.

**Tabulka 54.** Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	4	32,88	32,67	4,76	27,35	38,82	11,47
Nadváha	16	36,31	36,69	5,84	25,13	48,14	23,01
Obezita	19	38,83	36,54	7,41	30,53	55,43	24,90

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min.–minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí

Tabulka 55 porovnává průměrné hodnoty BMC kyčle změřené pomocí DXA u žen. Významný statistický rozdíl v této veličině byl Kruskal-Wallisovým testem ( $p=0,0000$ ) zjištěn mezi všemi skupinami BMI. Průměrné hodnoty BMC se zvyšovaly s rostoucím BMI.

**Tabulka 55.** Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen

BMI kategorie	n	M	Me	SD	Min.	Max.	R
Norma	88	26,85**	26,65	5,99	1,71	54,54	52,83
Nadváha	70	28,27**	28,19	4,16	15,82	37,40	21,58
Obezita	62	32,46**	32,37	4,97	22,48	51,14	28,66

Legenda: BMI – index tělesné hmotnosti, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , n – četnost, M – průměr, Me – medián, SD – směrodatná odchylka, Min. – minimální hodnota, Max. – maximální hodnota, R – variační rozpětí



## 5.4 Porovnání somatických a minerálních parametrů žen s menstruací a žen v menopauze

Porovnání somatických a minerálních parametrů menstruuujících žen a žen v menopauze bylo provedeno pomocí Mann-Whitneyova U testu.

Pomocí U testu byla statistická významnost rozdílu mezi ženami s menstruací a žen v menopauze ve věku 30,00–80,00 let zjištěna pouze ve dvou sledovaných parametrech (Tabulka 56). S využitím uvedeného testu ( $p=0,0426$ ) byl signifikantní rozdíl zaznamenán u BMD kyčle, přičemž ženy, které pravidelně menstruovaly, měly průměrně o  $0,04 \text{ g/cm}^2$  vyšší kostní hustotu ve srovnání s těmi, které v době sběru dat menstruační cyklus neměly. Statisticky významný rozdíl byl neparametrickým tstem ( $p=0,0383$ ) zjištěn také u T-skóre kyčle. T-skóre  $-0,44$  se u žen s menstruací, tak také u žen v klimakteriu  $-0,97$  pohybovalo v intervalu pro klasifikaci normální kostní hmoty.

**Tabulka 56.** Porovnání somatických a minerálních parametrů žen s menstruací a žen v menopauze

Parametr	Ženy s menstruací (n=19)		Ženy v menopauze (n=197)		d	p
	M	SD	M	SD		
Tělesná výška (cm)	163,35	6,64	160,03	6,47	3,32	0,0554
Hmotnost (kg)	71,68	16,95	70,67	15,68	1,01	0,8733
BMI ( $\text{g/cm}^2$ )	26,78	5,56	27,57	5,81	0,79	0,6515
BF (%)	34,36	9,75	36,19	9,28	1,83	0,3956
BMC – BIA (kg)	2,64	0,42	2,49	0,35	0,15	0,2130
L1-L4 BMD ( $\text{g/cm}^2$ )	1,12	0,15	1,07	0,18	0,05	0,0893
L1-L4 T-skóre	-0,48	1,25	-0,95	1,5	0,47	0,0840
L1-L4 BMC – DXA (g)	60,15	12,76	57,49	13,35	2,66	0,4318
Kyčel BMD ( $\text{g/cm}^2$ )	0,95	0,12	0,91	0,46	0,04	0,0426*
Kyčel T-skóre	-0,44	0,97	-0,97	1,11	0,53	0,0383*
Kyčel BMC – DXA (g)	29,23	4,86	28,58	5,25	0,65	0,8446

Legenda: \* – signifikantní rozdíl,  $p < 0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , M – průměr, SD – směrodatná odchylka, d – diference, BMI – index tělesné hmotnosti, BF – tělesný tuk, FFM – tukuprostá tělesná hmota, BMC – obsah minerálů v kostech, BMD – kostní hustota, BIA – bioelektrická impedance, DXA – dvouenergieová rentgenová absorpciometrie

Ze zjištěných informací o ženách s menstruací a ženách v menopauze plynou následující 4 hypotézy:

**H10<sub>0</sub>:** Průměrná tělesná výška (cm) žen s menstruací a žen v menopauze je stejná.

**H10<sub>A</sub>:** Průměrná tělesná výška (cm) žen s menstruací a žen v menopauze není stejná.

**H11<sub>0</sub>:** Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA u žen s menstruací a žen v menopauze je stejný.

**H11<sub>A</sub>:** Průměrný obsah minerálů (kg) ve skeletu diagnostikovaný pomocí BIA u žen s menstruací a žen v menopauze není stejný.

**H12<sub>0</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 u žen s menstruací a žen v menopauze je stejný.

**H12<sub>A</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 u žen s menstruací a žen v menopauze není stejný.

**H13<sub>0</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen s menstruací a žen v menopauze je stejný.

**H13<sub>A</sub>:** Průměrný obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen s menstruací a žen v menopauze není stejný.

Výše uvedené výsledky nám umožňují zamítnout všechny čtyři nulové hypotézy: **H10<sub>0</sub>**, **H11<sub>0</sub>**, **H12<sub>0</sub>**, **H13<sub>0</sub>** neboť dosažené hladiny významnosti testovaných parametrů pomocí Mann-Whitneyova U testu nejsou nižší než 0,05. Platnost alternativních hypotéz: **H10<sub>A</sub>**, **H11<sub>A</sub>**, **H12<sub>A</sub>**, **H13<sub>A</sub>** však potvrdit také nelze (Tabulka 56).

## 5.5 Obsah minerálních látek u žen

K zjištění, zda existuje závislost mezi věkem a minerálními parametry u žen byl využit Spearmanův koeficient pro pořadové korelace (Tabulka 57). Výzkumný soubor čítal 220 žen. Byla prokázána nízká negativní závislost ( $r=-0,2320$ ) věku a BMC změřeného bioimpedancí. Vztah těchto parametrů byl vysoce statisticky významný ( $p=0,0005$ ). Mezi věkem a BMD kyčle byla prokázána velmi slabá negativní závislost ( $r=-0,1713$ ), ale statisticky významná ( $p=0,0109$ ). Stejně tak nepřímá asociace věku a T-skóre kyčle byla velmi slabá ( $r=-0,1727$ ), ale statisticky významná ( $p=0,0103$ ).

*Tabulka 57. Vztah věku a množství minerálů v kostech u žen*

Proměnné	r	p
<b>BMC – BIA</b>	<b>-0,2320</b>	<b>0,0005**</b>
<b>L1-L4 BMD</b>	-0,0237	0,7265
<b>L1-L4 T-skóre</b>	-0,0081	0,9053
<b>L1-L4 BMC – DXA</b>	0,0246	0,7162
<b>Kyčel BMD</b>	<b>-0,1713</b>	<b>0,0109*</b>
<b>Kyčel T-skóre</b>	<b>-0,1727</b>	<b>0,0103*</b>
<b>Kyčel BMC – DXA</b>	-0,0138	0,8386

Legenda: r – Spearmanův koeficient pro pořadové korelace, \* – signifikantní rozdíl,  $p<0,05$ , \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p<0,01$ , BIA – bioelektrická impedance, DXA – dvouenergieová rentgenová absorpciometrie, BMD – kostní hustota, BMC – obsah minerálů v kosti

Uvedená data slouží pro ověření následujících hypotéz:

**H14<sub>0</sub>:** Obsah minerálů (g) ve skeletu v kategorii žen diagnostikovaný pomocí BIA nezávisí na věku žen.

**H14<sub>A</sub>:** Obsah minerálů (g) ve skeletu v kategorii žen diagnostikovaný pomocí BIA závisí na věku žen.

**H15<sub>0</sub>:** T-skóre v kategorii žen stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle nezávisí na věku žen.

**H15<sub>A</sub>:** T-skóre v kategorii žen stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle závisí na věku žen.

Dosažená hodnota statistické významnosti Spearmanových korelací mezi věkem a BMC (BIA)  $p=0,0005$  i T-skóre kyčle  $p=0,0103$  jsou nižší než 0,05. Výsledky nás vedou k zamítnutí nulových hypotéz: **H14<sub>0</sub>**, **H15<sub>0</sub>** a k přijetí hypotéz alternativních: **H14<sub>A</sub>**, **H15<sub>A</sub>**. Z dat vypývá, že na věku žen závisí obsah minerálů ve skeletu v kategorii žen diagnostikovaný pomocí BIA, a také T-skóre v kategorii žen stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle.

## 5.6 Závislost kostní hustoty a obsahu minerálů u žen

Výpočty Spearmanových korelací u žen mezi bederní páteří a kyčlí zobrazuje níže zhotovená tabulka 58. Z tabulky je patrné, že vztahy jednotlivých anatomických oblastí dosahují ve stejných parametrech střední závislosti, které jsou na statisticky významné hladině ( $p=0,0000$ ).

*Tabulka 58. Korelace anatomických oblastí u žen*

Dvojice proměnných	r
L1-L4 BMD & Kyčel BMD	0,5987**
L1-L4 T-skóre & Kyčel T-skóre	0,6084**
L1-L4 BMC – DXA & Kyčel BMC – DXA	0,6364**

Legenda: r – Spearmanův koeficient pro pořadové korelace, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p<0,01$ , DXA – dvouenergieová rentgenová absorpciometrie, BMD – kostní hustota, BMC – obsah minerálů v kosti

S korelací BMD je spojena níže uvedená hypotéza:

**H16<sub>0</sub>:** Kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) stanovená pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 nezávisí na kostní hustotě ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle.

**H16<sub>A</sub>:** Kostní hustota ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) stanovená pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 závisí na kostní hustotě ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle.

Dosažená hodnota statistické významnosti Spearmanových korelací  $p=0,0000$  je nižší než 0,05, proto vyvracíme nulovou hypotézu a potvrzujeme platnost hypotézy **H16<sub>A</sub>**. Kostní hustota stanovená pomocí DXA v oblasti páteře L1–L4 závisí na kostní hustotě stanovené pomocí DXA v oblasti kyčle.

## 5.7 Celkové množství kostních minerálů a množství kostních minerálů v oblasti bederní páteře a kyčle u žen

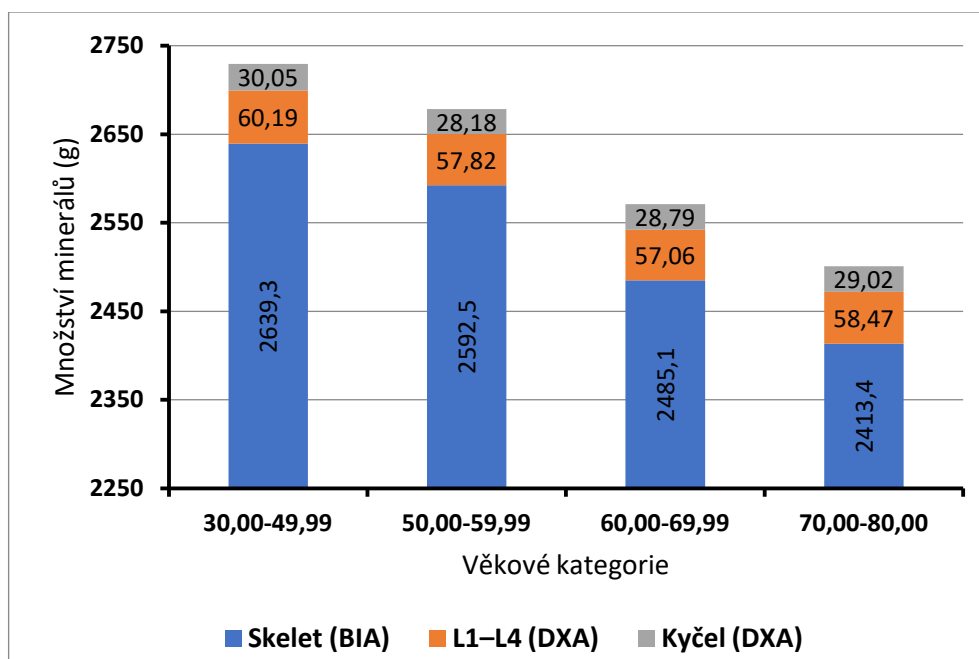
K zjištění, zda existuje závislost u žen mezi naměřeným BMC zařízením BIA a BMC kyčle a bederní páteře z DXA vyšetření byl využit Spearmanův koeficient pro pořadové korelace (Tabulka 59). Statistickými výpočty byla prokázána vysoká statistická významnost ( $p=0,0000$ ) vztahu mezi BMC (BIA) a hodnotami BMC z DXA vyšetření jak v oblasti bederní páteře, tak u kyčle. Střední závislost byla nalezena jednak mezi BMC (BIA) a BMC páteře získaného DXA měřením ( $r=0,5061$ ), a také mezi BMC (BIA) a BMC kyčle z DXA vyšetření ( $r=0,5438$ ). Z těchto výsledků lze usuzovat, že je BIA pro screening celotělového BMC běžné populace žen vhodná.

**Tabulka 59.** Závislost obsahu minerálů v kostech (kg) změřených bioimpedancí a obsahu minerálů (g) změřených dvouenergií rentgenovou absorpciometří u žen

Proměnné	r	p
L1-L4 BMC – DXA	0,5061	0,0000**
Kyčel BMC – DXA	0,5438	0,0000**

Legenda: r – Spearmanův koeficient pro pořadové korelace, \*\* – vysoce signifikantní rozdíl,  $p < 0,01$ , DXA – dvouenergií rentgenová absorpciometrie, BMD – kostní hustota, BMC – obsah minerálů v kosti

Přehledné zobrazení množství minerálů v těle v jednotlivých věkových kategoriích u žen poskytuje graf 11. Je z něj patrné, že věk je významným rizikovým faktorem pro množství minerálů v kostech. Klesající trendy množství minerálů jsou patrné na celotělové úrovni, ale také v bederní páteři a kyčli.



**Graf 11.** Množství minerálů v těle dle věkových kategorií u žen z vyšetření DXA a BIA

Hypotézy pro vztah celotělového množství kostního minerálu s lokálním množstvím jsou následující:

**H17<sub>0</sub>**: Obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen nezávisí na obsahu minerálů (kg) ve skeletu žen diagnostikovaném pomocí BIA.

**H17<sub>A</sub>**: Obsah minerálů v kosti (g) diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen závisí na obsahu minerálů (kg) ve skeletu žen diagnostikovaném pomocí BIA.

S využitím Spearmanova koeficientu pro pořadové korelace na hladině významnosti  $p=0,0000$ , která je nižší než 0,05, můžeme zamítnout nulovou hypotézu **H18<sub>0</sub>** a hypotézu **H18<sub>A</sub>** stanovit jako platnou. Obsah minerálů v kosti diagnostikovaný pomocí DXA v oblasti kyčle u žen závisí na obsahu minerálů ve skeletu žen diagnostikovaném pomocí BIA.

## 6 DISKUZE

Pomocí antropometrických metod, dvouenergiové rentgenová absorpciometrie (Dual X-ray Absorptiometry; DXA) a bioelektrické impedanci (Bioelectrical Impedance Analysis; BIA) byly změřeny somatické a minerální parametry u mužů a žen ve věkových dekádách od 30,00 do 80,00 let. Výsledky měření byly podrobeny statistickému zpracování, které hodnotilo vliv sexuálního dimorfismu, vliv věku na proměnné a měření BMC dvěma metodami.

Výzkumného šetření se zúčastnilo 220 žen a 39 mužů. Hlavním důvodem vysokého zastoupení počtu žen oproti mužům je ten, že ženy přicházely na vyšetření z důvodu lékařské indikace pro časně zachycení osteoporózy (OP) související s hormonálními vlivy v menopauze. Při interpretaci dat je tedy potřeba brát v úvahu výpovědní hodnotu výsledků mužů s ohledem na velikost souboru (n=39). Také je možné, že jisté odchylky v měření u mužů mohou být způsobeny větší komorbiditou, pro kterou byli k vyšetření minerální složky indikováni.

Tělesná výška účastníků studie, jakožto významného somatického parametru, měla s přibývajícím věkem jak u mužů (Tabulka 8), tak u žen (Tabulka 9) sestupný charakter, což je v souladu s poznatky antropologického výzkumu provedeného Kopeckým, Kikalovou a Charamzou (2016, s. 359). Je to zapříčiněno involučními změnami, geneticky, životním stylem a zdravotním stavem jedince (Kopecký, Kikalová, Charamza, 2016, s. 360).

V souladu s tímto výzkumem (Kopecký, Kikalová a Charamza, 2016, s. 361) je také to, že muži v porovnání se stejně starými ženami mívají v daném věkovém rozmezí vyšší průměrnou hmotnost (Graf 1).

Ženy mají fyziologicky vyšší procento tuku těla než muži, jelikož mají nižší zastoupení svalové tkáně a vyšší množství tuku, který je nezbytný pro produkci estrogenu. Od 40. roku dochází v průměru k 5% ztrátě svalové hmoty za rok a její nahrazování tukovou tkání. S vyšším věkem je tedy zcela přirozené, že množství tělesného tuku (Body Fat; BF) narůstá, a to u obou pohlaví (PBF aneb procentuální podíl tělesného tuku – InBody, 2017). Tento pohlavní rozdíl v množství tělesného zastoupení tuku se u našeho výzkumného souboru potvrdil. Výjimkou byla věková skupina 60,00–69,99 let, kde muži měli průměrné procentuální zastoupení BF 36,89 % a ženy 34,92 % (Graf 6).

Zaznamenali jsme také odchylku v pohlavních rozdílech v obsahu tukuprosté tělesné hmoty (Fat-Free Mass; FFM). Ve věkové skupině 30,00–39,99 let a 60,00–69,99 let bylo průměrné relativní zastoupení FFM u mužů nižší, ve srovnání s ženami (Graf 7). Tyto

odchylky od obecně přijímaných poznatků, mohly být způsobeny větší nemocností mužů, kteří nebyli jako ženy na kostní denzitometrii indikováni preventivně, ale často z důvodu léčby glukokortikoidy nebo po transplantaci ledvin.

Vyšší průměrné hodnoty u mužů ve srovnání s ženami byly také naměřeny v jednotlivých věkových kategoriích u BMD v oblasti bederní páteře a kyčle (Tabulky 32–35), s výjimkou věkové skupiny 70,00–80,00 let. V tomto věkovém intervalu měly ženy vyšší průměrné BMD o 0,01 g/cm<sup>2</sup> v oblasti bederní páteře a o 0,04 g/cm<sup>2</sup> v oblasti kyčle. Sexuální dimorfismus v BMD potvrzuje mnoho studií, které dokazují vyšší BMD mužů, než mají ženy. Jednou z nich je studie provedena Dengem et al. (2004) na 258 mužích a 193 ženách. Deng et al. (2004) zjistili, že průměrné hodnoty BMD mužů jsou vyšší v obou lokacích, tedy v bederní páteři a kyčli. Tato studie potvrdila platnost tohoto pohlavního rozdílu pro 50,00 až 80,00leté muže a 46,00 až 75,00leté ženy. Studie připouští, že pohlavní rozdíly v BMD mohou být částečně vysvětleny rozdílnými endokrinními a parakrinními faktory mužů a žen. Průměrná vyšší plošná BMD u mužů je způsobena většími rozměry mužského skeletu. Na jednotku plochy se totiž u mužů promítá větší objem kostní hmoty a hodnota BMD denzitometrické oblasti zájmu je tedy relativně vyšší. Ovšem větší rozměry skeletu znamenají z biomechanického hlediska vyšší odolnost vůči působení zevních sil. Proto riziko zlomeniny u mužů a žen při stejné absolutní BMD je shodné (Blahoš et al., 2016, s. 44).

Analýzu pohlavního dimorfismu celotělového BMC a BMD na 41 mužích a 59 ženách provedl Bolanowski a Nilsson (2001), kteří zjistili, že muži měli statisticky významně ( $p < 0,001$ ) vyšší hodnoty celotělového BMC (DXA) o 0,3 kg, zatímco celotělové BMD se mezi pohlavími statisticky nelišilo. Výsledky našeho výzkumu (Tabulky 32–35) nejsou v souladu s touto studií, ačkoli jsme dospěli také k větším pohlavním rozdílům v BMC než BMD. Při srovnávání výsledků, je ale potřeba brát v úvahu, že v této práci jsme neanalyzovali minerální parametry na celotělové úrovni, ale analyzovali jsme pohlavní rozdíly jednak v oblasti páteře L1–L4, jednak v oblasti kyčle a ve věkových intervalech. V této práci byl pohlavní rozdíl BMC (DXA) jak v oblasti bederní páteře, tak kyčle vysoce statisticky významný ( $p < 0,01$ ) s jednou výjimkou, a to v bederní páteři u 70,00–80,00letých osob ( $p = 0,2584$ ). Statisticky významné sexuální rozdíly BMD v bederní páteři jsme nezaznamenali u nejmladší ( $d = 0,09$  g/cm<sup>2</sup>;  $p = 0,2755$ ) a nejstarší ( $d = 0,01$  g/cm<sup>2</sup>;  $p = 0,6068$ ) věkové skupiny. Statistický rozdíl BMD kyčle mezi muži a ženami byl zjištěn ve věkových dekádách od 30,00 let do 59,99 let. Ve starších věkových kategoriích 60,00–69,99 let a 70,00–80,00 let nebyl signifikantní rozdíl BMD kyčle v pohlaví zjištěn (Tabulky 32–35).

Interpretaci změn BMD páteře ve vyšším věku komplikují degenerativní hyperostotické změny, deformity obratlů, těžká skolióza, cévní kalcifikace, osteoartróza, osteomalacie (Štěpán, 2016, s. 343). To může vysvětlovat i odchylky v našich výsledcích v poklesu BMD s věkem v bederní páteři (Tabulky 20 a 21) a kyčli (Tabulky 26 a 27). Zaznamenali jsme, že mezi věkovými skupinami mužů nebyl zjištěn v hodnotách BMD statisticky významný rozdíl ani v bederní páteři ( $p=0,3321$ ) ani v oblasti kyčle ( $p=0,2973$ ). Podobně studie Deng et al. (2004) hodnotila BMD u čínských mužů ( $n=258$ ) ve věkovém rozpětí 50,00–80,00 let v jednotlivých dekádách. Autoři zjistili statisticky významné rozdíly v kyčli ( $p=0,0012$ ), ale ne v bederní páteři ( $p=0,9280$ ). Do studie byly zahrnuté také čínské ženy, které vykazovaly mezi věkově stratifikovanými skupinami signifikantní rozdíly v BMD kyčle ( $p=0,0004$ ) i u bederní páteře ( $p=0,0018$ ).

Obsah kostních minerálů se mění v průběhu života v důsledku stárnutí, fyzické aktivity nebo také nemoci (Liao et al., 2020). V naší studii jsme jak u měření BMC (BIA) (Tabulky 18 a 19), tak také DXA pozorovali klesající trendy BMC v oblasti L1–L4 páteře (Tabulky 24 a 25) i kyčle (Tabulky 30 a 31) s narůstajícím věkem u mužů i žen. Klesající trendy BMC s věkem jsou v souladu se studií Lee et al. (2020) na 120 zdravých mužů a 120 zdravých ženách. Lee et al. (2020) hodnotili celotělové BMC (DXA) ve věkových kategoriích 20–39 let, 40–59 let a 60–73 let.

V naší práci na výzkumném souboru žen ( $n=220$ ) byl zjištěn negativní Spearmanův koeficient pro pořadové korelace mezi věkem a minerálními parametry jak z BIA, tak DXA vyšetření (Tabulka 57). Byla prokázána statisticky významná ( $p=0,0005$ ) nízká negativní závislost ( $r=-0,2320$ ) věku a BMC (BIA). Statisticky významné byly shledány také vztahy věku a BMD kyčle ( $p=0,0109$ ) a T-skóre kyčle ( $p=0,0103$ ). Mezi věkem a BMD kyčle byla prokázána velmi slabá závislost ( $r=-0,1713$ ), stejně jako u T-skóre kyčle ( $r=-0,1727$ ). Naše výsledky tedy shledávají věk negativním rizikovým faktorem pro kostní hmotu. V souladu s našimi poznatky jsou výsledky studie Andreoli et al. (2011), které se zúčastnilo 6 249 italských žen ve věku 30,00–80,00 let. V této studii lineární regresní analýzou zjistili statisticky významný ( $p<0,0001$ ) negativní vztah věku a celotělového BMD ( $r=-0,403$ ), a také celotělového BMC (DXA), ( $r=-0,382$ ). Je potřeba zdůraznit, že ve studii (Andreoli et al., 2011) bylo významné procento osteopenických žen v mladém věku.

Z tabulek 32–35 této práce lze vyčíst, že hodnoty BMC a BMD na různých kosterních místech daného pohlaví nejsou totožné. To může souviset s odlišnou kostní strukturou (např. podíl kortikální kosti) daných lokací a tím ovlivněnou rychlostí metabolického obratu, a také se specifickým zatížením kostí v konkrétním místě skeletu (Deng et al., 2004).



V našem výzkumu výpočty Spearmanových korelací u žen mezi bederní páteří a kyčlí v BMC, BMD a T-skóre dosahují střední závislosti, které jsou na statisticky významné hladině ( $p=0,0000$ ), (Tabulka 58).

Osteoporóza je převládajícím onemocněním u posmenoapuzálních žen (Shayganfar et al., 2020). Baker et al. (2013) zjistili, že inverzní asociace kortikální BMD s věkem je větší u žen po menopauze ve srovnání s ženami před menopauzou ( $p<0,01$ ). Zrychlený úbytek kostní hmoty iniciovaný menopauzou je převážně výsledkem úbytku trámčité kostní složky s převahou v axiální kosti, tedy bederní páteři, v reakci na omezený účinek estrogenu na kostní obrat (Riggs, Khosla a Melton, 2002). V souladu s touto informací jsme v této práci zaznamenali, že u žen v menopauze byl zjištěn právě větší pokles BMC v bederní páteři (DXA) než u kyčle (Tabulka 56). Pokles v oblasti L1–L4 byl 2,66 g. U kyčle jsme zachytili pokles minerálů o 0,65 g. Také jsme v této práci zaznamenali, že u žen v menopauze ve srovnání s ženami majícími pravidelný menstruační cyklus došlo k většímu úbytku BMD v bederní páteři než kyčli (Tabulka 56). Pokles BMD v oblasti L1–L4 páteře činil  $0,05 \text{ g/cm}^2$ , kdežto u kyčle  $0,04 \text{ g/cm}^2$ . Rozdíl ( $p=0,0426$ ) v BMD kyčle byl statisticky významný. Statisticky významný rozdíl ( $p=0,0383$ ) byl zjištěn také u T-skóre kyčle. U nemenstruuujících žen v porovnání s ženami před menstruací došlo k poklesu T-skóre o -0,44. BMC měřený pomocí BIA klesl o 0,15 kg. Tento rozdíl nebyl shledán statisticky významným ( $p=0,2130$ ). Guthrie et al. (2004) uvádějí, že u postmenopauzálních žen dochází k poklesu BMD v průměru 2 % ročně. Míra úbytku kostní hmoty souvisí s faktory, jako je přibývajícím věkem, svalová síla, tělesná hmotnost a trvání menopauzy (Wu a Du, 2016). Omezujícím ve srovnávání našeho souboru s ostatními studii je, že jsme porovnávali soubor žen v menopauze s ženami jiných studií kategorizovanými jako postmenopauzální, kde však chyběla kritéria stavu postmenopauza. V této práci byla každá žena v rámci dotazníku tázána na přítomnost menstruačních cyklů.

Výsledky výzkumu ukázaly rostoucí trend procentuálního zastoupení BF se zvyšujícím se BMI u obou pohlaví. BMI hodnoty mužů nevykazovaly signifikantní rozdíl ( $p=0,4709$ ) mezi věkovými kategoriemi (Tabulka 40). U žen byl signifikantní rozdíl ( $p=0,0234$ ) BMI zaznamenán mezi věkovými skupinami 30,00–49,99 let a 50,00–59,99 let, a také mezi 30,00–49,99 let a 70,00–80,00 let. U žen byl z hodnot patrný vzrůstající trend BMI s věkem (Tabulka 41).

Je dobře známo, že nízké BMI je rizikovým faktorem OP a osteoporotických zlomenin (Baker et al., 2013). Pro účely této práce byli jedinci s podváhou zařazeni do BMI kategorie norma, jak je uvedeno v metodice (s. 37), a proto nelze z našich výsledků potvrdit, že

podváha je rizikovým faktorem. Ovšem nejnižší hodnoty T-skóre bederní páteře v jednotlivých kategoriích BMI byly zaznamenány jak u mužů (Tabulka 46), tak u žen (Tabulka 47) právě v BMI kategorii norma.

Z nasbíraných dat vyplývá, že kostní parametry jako je BMC změřený pomocí BIA (Tabulky 42 a 43), tak také BMD (Tabulky 44 a 45), BMC (Tabulky 48 a 49) získané měření DXA se zvyšují s rostoucím BMI u obou pohlaví. To že BMI ovlivňuje BMD páteře a obratlů je poznatkem studie Salamat et al. (2013). Závěrem této studie provedené na iránských mužích (n=230) je, že nadváha a obezita snížily riziko osteopenie 2,2 krát ve srovnání s muži s normálním BMI a riziko OP se snížilo u obézních 4,4 krát.

Pozitivní dopad nadváhy a obezity na kostní hmotu se neodráží jen na hodnotách BMC a BMD, jak jsme zjistili v této práci, ale lze jej z našich výsledků vyčíst také z hodnot klinického parametru, kterým je T-skóre. T-skóre se zvyšovalo s rostoucím BMI. U žen vyšly statisticky významné rozdíly v T-skóre mezi BMI kategoriemi jak u bederní páteře (p=0,0057), tak u kyčle (p=0,0000), (Tabulky 47 a 53). U mužů jsme nezaznamenali statisticky významný rozdíl v T-skóre mezi BMI kategoriemi v oblasti páteře L1–L4 (p=0,4846), ani u kyčle (p=0,1555), ale pozitivní efekt nadváhy a obezity na T-skóre je patrný z tabulek 46 a 52.

U obézních jedinců tuková hmota (Fat Mass, dále jen FM) na kostní tkáň nepůsobí pozitivně jen vlivem mechanického zatížení způsobeného zvýšenou tělesnou hmotností, ale existují i další pozitivní způsoby. FM může působit prospěšně na kosti zvýšenou aromatizací androgenu na estrogen, hormonálně prostřednictvím inzulínu, amylinu, peptinu, které stimulují osteoblasty (Park et al., 2012). Vliv obezity však není jednoznačný a dohledané studie naznačují komplexní účinek FM na kosti. To, že obezita nemusí být ochranným faktorem OP a může dokonce poškozovat kosti je výsledkem studie Zhao et al. (2007) na 1988 čínských a 4489 kavkazských subjektech, kteří ve své studii zohlednili mechanickou zátěž tělesné hmotnosti na kostní hmotu. Také z dat ze studie (Cao, 2011) vyplývá, že obezita poškozuje zdraví kostí navzdory potenciálním pozitivním účinkům mechanického zatížení. Cao (2011) uvádí jako možné negativní účinky obezity zvýšenou adipogenezi dřeně na úkor osteoblastogeneze, zvýšenou osteoklastogenezi kvůli zvýšeným zánětlivým cytokinům, nadměrnou sekreci leptinu nebo sníženou produkci adiponektinu či snížené vstřebávání vápníku spojené s vysokým příjmem tuků. Dytfeld et al. (2011) upozorňují na jejich výsledek studie, že více než 64 % osteoporotických žen (n=92), které se nikdy pro OP neléčily, byly dle BMI kategorie obézní, nebo alespoň měly nadváhu. Z výsledků je tedy zřejmé, že je možná koexistence obezity a OP. Zhu et al. (2015) uvedl, že spíše by podváha

měla být považována za rizikový faktor OP, než by obezita byla ochranným faktorem vzniku OP. BMI parametr však není dostatečným ukazatelem množství FM a FFM a ani nevypovídá o distribuci FM. BMI také nerozlišuje podíl vlivu FM a FFM na kostní tkáň (Shayganfar et al., 2020), což by mohlo vysvětlovat nekonzistentnost výsledků studií o vztahu nadváhy, obezity a kostní tkáni. Studie se nezabývají jen vlivem FM a FFM na kostní tkáň, ale také distribucí FM. Výzkumná šetření však přinesly protichůdné výsledky. Výsledky diplomové práce nemohou přispět k objasnění účinků jednotlivých tělesných složek, ani z výsledků nelze hodnotit vliv distribuce tukové hmoty na kosti, neboť to neumožňuje rozsah práce. Zcela jistě, je to však oblast, kterou by se mohly zabývat budoucí studie.

V práci jsme analyzovali závislost mezi naměřeným BMC zařízením BIA a BMC kyčle a bederní páteře pomocí DXA u žen. Statistickými výpočty byly nalezeny pozitivní korelace mezi BMC (BIA) a BMC kyčle a bederní páteře (DXA), které byly statisticky významné ( $p=0,0000$ ). Byla zjištěna střední závislost jednak mezi celkovým BMC (BIA) a BMC páteře z DXA ( $r=0,5061$ ), a také mezi BMC (BIA) a BMC kyčle z DXA ( $r=0,5438$ ). Také Cvetko (2014) zkoumal, zda existuje korelace mezi BMC z BIA s BMC v kyčlích a bederní páteři z DXA a zjistil vysokou závislost na hladině významnosti ( $p=0,003$ ) u žen v oblasti bederní páteře ( $r=0,739$ ) i v kyčlích ( $r=0,726$ ). Ve skupině mužů byly také nalezeny významné korelace, ačkoli byly slabší ve srovnání s ženami. Omezení této studie spočívalo v tom, že zatímco skupina žen byla homogenní z hlediska BMI, neplatilo to o mužích. Je důležité podotknout, že studie probíhala na 27 mladých zdravých lidech (11 mužů, 16 žen) ve věku 19–23 let. Stejně jako naše studie a Cvetko (2014), tak také Miyatake et al. (2009) zjistili pozitivní korelaci mezi BMC (BIA) a BMC (DXA) na významné úrovni ( $r=0,759$ ,  $p=0,001$ ). Ačkoli byl použit malý vzorek ( $n=15$ ) a pohlaví nebyla analyzována samostatně, autoři dospěli k závěru, že InBody 720 je spolehlivá metoda pro stanovení složení těla. Vysokou úroveň shody ( $r=0,91$ ) hodnot BMC z DXA a InBody 720 také prokázali Patil et al. (2012). Macfalane et al. (2016) zjistili slabou, ale statisticky významnou korelaci ( $r=0,172$ ,  $p=0,047$ ) v pohlavně smíšeném souboru mezi BMC z BIA a DXA po 10týdenní intervenci. Protože limity shody opakovaných měření pro bioimpedanci byly širší než u DXA (DXA:  $-0,07$  do  $0,09$ ; BIA:  $-0,16$  do  $0,19$ ), Macfalane et al. (2016) dospěli k závěru, že BIA není dostatečně citlivá na sledování změn obsahu minerálů v kostech. Stejně jako Cvetko (2014), tak také Stone et al. (2018) zjistili na 80 jedincích ve věku 18–40 let, že BIA je méně přesná pro stanovení BMC u mužů ( $r=0,61$ ,  $p<0,05$ ) ve srovnání s ženami ( $r=0,80$ ,  $p=0,14$ ), to ovšem naše studie nemůže potvrdit, neboť srovnání metod u mužů nebylo provedeno z důvodu nízkého zastoupení mužů. Ve studii Liao et al. (2020) se uvádí, že současné vědecké

metodologie nepodporují BIA jako metodu pro měření BMC. Ovšem podle našich výsledků, se jeví InBody 230 jako vhodný přístroj pro identifikaci žen se sníženým kosterním množstvím minerálních látek, který by mohl být užitečný v doporučení pro DXA vyšetření. Výhodou BIA oproti DXA je, že nevyužívá ionizující záření, je dostupnější a levnější. Výsledky se mohou ve studiích různit z důvodu použitých rozdílných zařízení, ale také z důvodu odlišných charakteristik výzkumných souborů (původ, pohlaví, věk, nemocnosti, BMI, velikost) či rozdílu v upravených kovariátech.

Naše studie vykazuje určité limity. Protože se výzkumný soubor skládal převážně z žen (84,94 %) a zastoupení mužů bylo o poznání menší (15,06 %), mohlo dojít nedostatečným zastoupením mužů k ovlivnění jejich výsledků. Kromě toho, ze studie nebyli vyřazeni pacienti užívající léky, které by mohly zapříčinit ovlivnění výsledků. V této studii jsme nebrali v úvahu další faktory, které by mohly mít vliv na množství kosterního minerálu. Neměli jsme dostatečné informace o stravě probandů, jejich rodinné anamnéze, celkovém životním stylu a dalších modifikovatelných i nemodifikovatelných determinantech kostní hustoty. Studie byla provedena na etnické homogenní bělošské populaci a týkala se dospělých jedinců ve věku 30,00–80,00 let. Proto poznatky nelze vztahovat na jinou rasu. Mezi silné stránky lze zařadit relativně velký věkový interval, zastoupení mužů i žen a využití moderní multifrekvenční bioelektrické impedance.

Z důvodu stárnoucí populace se osteoporóza stává častějším onemocněním, a dochází tak k nárůstu nemocnosti a úmrtnosti v populaci a zvyšování nákladů na zdravotní péči. Důležitým aspektem úspěšné léčby OP je její časný záchyt. Naše studie potvrzuje bioelektrickou impedanci jako vhodnou metodu pro screening v terénním výzkumu a hodnocení kostních minerálů v populaci žen. Výhodou zařízení BIA ve srovnání s DXA jsou nižší náklady vyšetření, je mobilní a nevyužívá ionizující záření, proto lze hodnoty minerálů kontrolovat opakovaně. Zkoumání a znalost rizikových faktorů OP je v praxi důležité pro úspěšné vyselektování rizikových osob pro OP a časného záchytu počátku onemocnění. Stejně tak je důležité hledání nových, spolehlivých, dostupných a zdraví neškodných metod, na základě kterých by bylo indikováno DXA vyšetření.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo přispět dílčími poznatky k objasnění vlivu somatických parametrů na množství kostního minerálu s využitím bioelektrické impedance a dvouenergiové rentgenové absorpciometrie a srovnat výsledky obou metod. Výzkumné šetření se týkalo 30–80letých mužů (n=39) a žen (n=220).

Práci tvoří teoretický a praktický celek. V teoretické části byly předloženy základní informace o kostní tkáni, osteoporóze a metodách měřících obsah kostních minerálů. Praktická část zahrnovala sběr dat měření, jejich statistické zpracování a vyhodnocení.

Práce potvrdila, že vlivem věku se mění somatické a minerální parametry u mužů a žen. Signifikantní rozdíly mezi všemi věkovými kategoriemi byly zjištěny u tělesné výšky žen, kdy s přibývajícím věkem tělesná výška klesala. Také minerální hodnoty s rostoucím věkem vykazovaly klesající trend. Sexuální dimorfismus v kostních parametrech byl zaznamenán především v obsahu kostních minerálů změřených bioelektrickou impedancí (Bioelectrical Impedance Analysis; BIA) a v obsahu minerálu v kosti (Bone Mineral Content; BMC) v oblasti kyčle změřeného dvouenergiovou rentgenovou absorpciometrií (Dual X-ray Absorptiometry; DXA). V těchto proměnných byly v každé věkové kategorii patrné pohlavní vysoce statisticky významné rozdíly. Muži vykazovali ve srovnání s ženami v těchto parametrech vždy vyšší průměrné hodnoty. Výjimkou byly 70,00–80,00leté ženy, u kterých bylo zjištěno větší množství obsahu minerálů v kostech než u mužů. Pohlavní rozdíly byly zjištěny i u hodnot somatických parametrů. Z výsledků výzkumného šetření vyplynulo, že BMI ovlivňuje zkoumané tělesné a minerální parametry. Výsledky této práce vypovídají o pozitivním účinku nadváhy a obezity na hustotu kostní tkáně u obou pohlaví. Klinický parametr T-skóre byl v BMI kategorii norma v oblasti bederní páteře i kyčle nižší než v BMI kategorii obezita u mužů i žen. Práce předkládá údaje o zvyšujícím se relativním zastoupení BF s rostoucím BMI. U mužů, ale ne u žen byl zaznamenán statisticky významný rozdíl procentuálního BF mezi kategoriemi BMI. Analýza rozdílů somatických a minerálních parametrů u žen s menstruací a žen bez ní ukázala na statisticky významné rozdíly v BMD kyčle a T-skóre kyčle. Nízká, ale statisticky významná závislost byla shledána mezi věkem a obsahem minerálů v kostech změřeného bioimpedancí u žen. Stejná závislost byla u ženského výběrového souboru nalezena u BMD kyčle a T-skóre kyčle. Vztahy jednotlivých anatomických oblastí u žen dosahovaly ve stejných parametrech střední závislosti na statisticky významné hladině. Mezi naměřeným BMC zařízením BIA a DXA existovala

středě významná korelace u žen. Střední závislost byla u žen nalezena mezi celotělovým BMC (BIA) a BMC páteře a BMC kyčle (DXA).

Výsledky našeho výzkumu poukazují na to, že minerální složka jedince je ovlivněna somatickými parametry, pohlavím a věkem. Další faktory nebyly v práci sledovány. Z výsledků našich analýz vyplývá, že BIA neposkytuje údaje o kostním minerálu stejně spolehlivě jako DXA, ovšem může mít důležitou roli ve screeningu žen se sníženým obsahem kostního minerálu. InBody 230 je přístrojem, na základě kterého by mohlo být v klinické praxi indikováno DXA vyšetření.

Znalost rizikových faktorů a hledání široce dostupných screeningových metod jsou s ohledem na stoupající prevalenci osteoporózy stále více potřeba. Domnívám se, že tato práce by mohla být podnětem pro realizaci rozsáhlejších studií.

## REFERENČNÍ SEZNAM

1. ADAM, Z., ed., 2005. *Kostní nádorová choroba*. Praha: Grada, s. 296. ISBN 80-247-1357-8.
2. ANDREOLI, A., ed., 2011. Relationship between body composition, body mass index and bone mineral density in a large population of normal, osteopenic and osteoporotic women. *La radiologia medica* [online]. **116**(7), 1115-1123 [cit. 2020-02-03]. ISSN 0033-8362. Dostupné z: doi:10.1007/s11547-011-0689-2
3. BAI, M., ed., 2018. Age-related differences in limb fat-free mass and fat mass in healthy Chinese Adults. *Scientific Reports* [online]. **8**(1) [cit. 2021-03-06]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-018-25447-z
4. BAKER, J. F., ed., 2013. Associations between body composition and bone density and structure in men and women across the adult age spectrum. *Bone* [online]. **53**(1), 34-41 [cit. 2021-03-06]. ISSN 87563282. Dostupné z: doi:10.1016/j.bone.2012.11.035
5. BARTL, R. a CH. BARTL, 2019. *The Osteoporosis Manual*. New York City: Springer International Publishing. ISBN 978-3-030-00730-0.
6. BEATO, G. C., 2019. Agreement Between Body Composition Assessed by Bioelectrical Impedance Analysis and Doubly Labeled Water in Obese Women Submitted to Bariatric Surgery. *Obesity Surgery* [online]. **29**(1), 183-189 [cit. 2020-02-10]. ISSN 0960-8923. Dostupné z: doi:10.1007/s11695-018-3505-4
7. BLAHOŠ, J. ed., 2016. Osteopróza u mužů. Stanovisko Společnosti pro metabolická onemocnění skeletu České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (SSMOS ČLS JEP). *Osteologický bulletin* [online]. **21**(2), 42-48 [cit. 2021-03-16]. ISSN 1211-3778. Dostupné z: [https://smos.cz/wp-content/uploads/2019/12/dp\\_osteoporoza-u-muzu-2016.pdf](https://smos.cz/wp-content/uploads/2019/12/dp_osteoporoza-u-muzu-2016.pdf)
8. BOLANOWSKI, M., B. E. NILSSON, 2001. Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Medical Science Monitor* [online]. **7**(5), 1029-1033 [cit. 2021-03-19]. ISSN 1643-3750. Dostupné z: <https://www.medscimonit.com/download/index/idArt/509293>
9. BONNICK, S. L., 1998. Bone densitometry in clinical practice: application and interpretation. 1. Vydání. New York: Humana Press, s. 257. ISBN 13: 9780896035133.

10. BORGA, M., ed., 2018. Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling. *Journal of Investigative Medicine* [online]. **66**(5), 1.10-9 [cit. 2020-01-27]. ISSN 1081-5589. Dostupné z: doi:10.1136/jim-2018-000722
11. BROULÍK, P., 1999. *Osteoporóza: osteoporóza, osteomalacie, osteodystrofie*. Praha: Maxdorf, s. 172. ISBN 80-85800-93-4.
12. BROULÍK, P., 2009. *Osteoporóza a její léčba: průvodce ošetřujícího lékaře*. 2. vyd. Praha: Maxdorf, s. 60. ISBN 978-80-7345-176-9.
13. BROULÍK, P., 2018. Dvojitý účinek parathormonu na kostní tkáň. *Medicína pro praxi* [online]. **10**(5), 224-226. [cit. 2020-09-01]. Dostupné z: [https://www.solen.cz/artkey/int-200805-0005\\_Dvoji\\_ucinek\\_parathormonu\\_na\\_kostni\\_tkan.php](https://www.solen.cz/artkey/int-200805-0005_Dvoji_ucinek_parathormonu_na_kostni_tkan.php)
14. CAO, J. J., 2011. Effects of obesity on bone metabolism. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* [online]. **6**(1) [cit. 2021-03-20]. ISSN 1749-799X. Dostupné z: doi:10.1186/1749-799X-6-30
15. CAREY, J. J. a M. F. DELANEY, 2010. T-Scores and Z-Scores. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism* [online]. **8**(3), 113-121 [cit. 2020-02-24]. ISSN 1534-8644. Dostupné z: doi:10.1007/s12018-009-9064-4
16. Consensus development conference: Diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis. *The American Journal of Medicine* [online]. 1993, **94**(6), 646-650 [cit. 2021-01-27]. ISSN 00029343. Dostupné z: doi:10.1016/0002-9343(93)90218-E
17. COSMAN, F., ed., 2014. Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Osteoporosis International* [online]. **25**(10), 2359-2381 [cit. 2020-02-19]. ISSN 0937-941X. Dostupné z: doi:10.1007/s00198-014-2794-2
18. CVETKO, E. D., 2014. Possibilities of use bioelectrical impedance analysis as measuring technique in prevention of osteoporosis. *Periodicum Biologorum*. [online]. **116**(1), S65-70 [cit. 2020-02-27]. ISSN 0031-5362 Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/262793469\\_Possibilities\\_of\\_use\\_bioelectric\\_al\\_impedance\\_analysis\\_as\\_measuring\\_technique\\_in\\_prevention\\_of\\_osteoporosis](https://www.researchgate.net/publication/262793469_Possibilities_of_use_bioelectric_al_impedance_analysis_as_measuring_technique_in_prevention_of_osteoporosis)
19. ČIHÁK, R., 2002. *Anatomie*. 2. vyd. Praha: Grada, s. 516. ISBN 8071699705.
20. DEMONTIERO, O., Ch. VIDAL a G. DUQUE, 2012. Aging and bone loss: new insights for the clinician. *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease* [online]. **4**(2), 61-76 [cit. 2021-03-06]. ISSN 1759-720X. Dostupné z: doi:10.1177/1759720X11430858



21. DENG, H. W., ed., 2004. Bone mineral density in elderly Chinese: effects of age, sex, weight, height, and body mass index. *Journal of Bone and Mineral Metabolism* [online]. **22**(1), 71-78 [cit. 2021-01-27]. ISSN 0914-8779. Dostupné z: doi:10.1007/s00774-003-0452-4
22. DYTFFELD, J., ed., 2011. Influence of lean and fat mass on bone mineral density (BMD) in postmenopausal women with osteoporosis. *Archives of Gerontology and Geriatrics* [online]. **53**(2), e237-e242 [cit. 2021-01-27]. ISSN 01674943. Dostupné z: doi:10.1016/j.archger.2011.01.002
23. FEWTRELL, M. S., 2003. Bone densitometry in children assessed by dual x ray absorptiometry: uses and pitfalls. *Archives of Disease in Childhood* [online]. **88**(9), 795-798 [cit. 2020-01-23]. ISSN 0003-9888. Dostupné z: doi:10.1136/adc.88.9.795
24. GARG, M. K. a S. KHARB, 2013. Dual energy X-ray absorptiometry: Pitfalls in measurement and interpretation of bone mineral density. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* [online]. **17**(2) [cit. 2020-02-21]. ISSN 2230-8210. Dostupné z: doi:10.4103/2230-8210.109659
25. GE Healthcare. *Lunar: enCORE-based x-ray bone densitometer*, 2010. User Manual. 5. vydání [online]. [cit. 2020-09-02]. Dostupné z: [http://medicaloutfitter.net/wp-content/uploads/2014/09/enCORE\\_V13.5\\_EN\\_English.pdf](http://medicaloutfitter.net/wp-content/uploads/2014/09/enCORE_V13.5_EN_English.pdf)
26. GE Healthcare. *Lunar enCORE: Safety and Specification Manual*, 2009. 3. vydání [online]. [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.gehealthcare.com/-/jssmedia/20fc07d1369e4d15acae5732090559db.pdf?la=en-us>
27. GENARO, P. S., ed., 2010. Influence of body composition on bone mass in postmenopausal osteoporotic women. *Archives of Gerontology and Geriatrics* [online]. **51**(3), 295-298 [cit. 2021-01-27]. ISSN 01674943. Dostupné z: doi:10.1016/j.archger.2009.12.006
28. HADJIDAKIS, D. J. a I. I. ANDROULAKIS, 2006. Bone Remodeling. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online], **1092**(1), 385-396 [cit. 2020-02-15]. ISSN 0077-8923. Dostupné z: doi:10.1196/annals.1365.035
29. HÁLA, T., 2005. Rizikové faktory osteoporózy. *Medicína pro praxi* [online]. **2**(4), 152-154. [cit. 2020-09-01]. ISSN 1803-5310. Dostupné z: [https://www.solen.cz/artkey/med-200504-0004\\_Rizikove\\_faktory\\_osteoporozy.php](https://www.solen.cz/artkey/med-200504-0004_Rizikove_faktory_osteoporozy.php)
30. HAINER, V., ed., 2011. *Základy klinické obezitologie*. 2. přeprac. a dopl. vyd., Praha: Grada Publishing, s. 422. ISBN 978-80-247-3252-7.

31. HARVEY, N. C., ed., 2015. Trabecular bone score (TBS) as a new complementary approach for osteoporosis evaluation in clinical practice. *Bone* [online]. **78**, 216-224 [cit. 2020-02-21]. ISSN 87563282. Dostupné z: doi:10.1016/j.bone.2015.05.016
32. HSU, Y. H., ed., 2006. Relation of body composition, fat mass, and serum lipids to osteoporotic fractures and bone mineral density in Chinese men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **83**(1), 146-154 [cit. 2021-03-18]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/83.1.146
33. CHRÁSKA, M., 2016. *Metody pedagogického výzkumu: Základy kvantitativního výzkumu*, 2. aktualizované vydání. Praha: Grada, 256 s. ISBN 978-80-247-5326-3.
34. InBody 230: For convenient use, 2014. InBody [online]. [cit. 2020-01-30]. Dostupné z: [https://www.inbody.cz/produkty/230/230\\_catalog\\_eng\\_i\\_140917.pdf](https://www.inbody.cz/produkty/230/230_catalog_eng_i_140917.pdf)
35. InBody 230 User's Manual, 1996. Biospace [online]. [cit. 2020-01-30]. Dostupné z: [https://nl.inbody.com/wp-content/uploads/2019/01/InBody230\\_CDmanual\\_Eng\\_L.pdf](https://nl.inbody.com/wp-content/uploads/2019/01/InBody230_CDmanual_Eng_L.pdf)
36. JENŠOVSKÝ, J., ed., 2018. *Diagnostika a léčba osteoporózy a dalších onemocnění skeletu* [online]. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum [cit. 2021-01-25], s. 218. ISBN 978-80-246-3761-7. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/diagnostika-a-lecba-osteoporozy-a-dalsich-onemocneni-skeletu-388510/#>
37. JÚNIOR, I. F. F., ed., 2013. The relationship between visceral fat thickness and bone mineral density in sedentary obese children and adolescents. *BMC Pediatrics* [online]. **13**(1) [cit. 2019-11-07]. ISSN 1471-2431. Dostupné z: doi:10.1186/1471-2431-13-37
38. KASALICKÝ, P., 2002. Kostní denzitometrie – indikace k vyšetření a metodické limitace v klinické praxi. In: *Zdraví.Euro.cz: Zdravotnictví a medicína* [online]. [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/kostni-denzitometrie-indikace-k-vysetreni-a-metodicke-limitace-v-143214>
39. KHALIL, S., M. MOHKOTAR a F. IBRAHIM, 2014. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors* [online]. **14**(6), 10895-10928 [cit. 2019-11-13]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s140610895
40. KOPECKÝ, M., K. KIKALOVÁ a J. CHARAMZA, 2016. Sekulární trend v tělesné výšce a hmotnosti dospělé populace v České republice. *Časopis lékařů českých*. 155: 357-364. ISSN 0008-7335.

41. KOPECKÝ, M., L. KREJČOVSKÝ a M. ŠVARC, 2013. Antropometrický instrumentář a metodika měření antropometrických parametrů [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, s. 27, [cit. 2021-01-27]. Dostupné z: <https://chopn.registry.cz/res/file/dokumenty/antropometricky-instrumentar.pdf>
42. KORSA, J. a J. NĚMCOVÁ, 2008. Komplexní léčba a prevence osteoporózy – postavení a význam pohybové aktivity a léčebné rehabilitace. *Medicína pro praxi* [online]. **5**(4). 165-168. [cit. 2020-02-19]. ISSN 1803-5310. Dostupné z: [https://www.solen.cz/artkey/med-200804-0007\\_Komplexni\\_lecba\\_a\\_prevence\\_osteoporozy-postaveni\\_a\\_vyznam\\_pohybove\\_aktivity\\_a\\_lecebne\\_rehabilitac.php](https://www.solen.cz/artkey/med-200804-0007_Komplexni_lecba_a_prevence_osteoporozy-postaveni_a_vyznam_pohybove_aktivity_a_lecebne_rehabilitac.php)
43. KURIYAN, R., 2018. Body composition techniques. *Indian Journal of Medical Research* [online]. **148**(5) [cit. 2020-01-27]. ISSN 0971-5916. Dostupné z: [doi:10.4103/ijmr.IJMR\\_1777\\_18](https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1777_18)
44. KYLE, U., 2004. Bioelectrical impedance analysis s—part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition* [online]. **23**(5), 1226-1243 [cit. 2020-02-28]. ISSN 02615614. Dostupné z: [doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004)
45. LEE, J. CH., ed., 2020. Analysis of Age-Based Bone Mineral Density in the Korean Adult Population Using Dual-Energy X-ray Absorptiometry. *Applied Sciences* [online]. **10**(23) [cit. 2021-03-26]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: [doi:10.3390/app10238469](https://doi.org/10.3390/app10238469)
46. LIAO, Y. S., ed., 2020. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis and Dual Energy X-ray Absorptiometry for Total and Segmental Bone Mineral Content with a Three-Compartment Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. **17**(7)ISSN 1660-4601. Dostupné z: [doi:10.3390/ijerph17072595](https://doi.org/10.3390/ijerph17072595)
47. LING, C. H. Y., ed., 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* [online]. **30**(5), 610-615 [cit. 2020-01-28]. ISSN 02615614. Dostupné z: [doi:10.1016/j.clnu.2011.04.001](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.04.001)
48. LÓPEZ-GÓMEZ, J. J., J. L. P. CASTRILLÓN a D. A. L. ROMÁN, 2016. Impact of obesity on bone metabolism. *Endocrinología y Nutrición* (English Edition) [online]. **63**(10), 551-559 [cit. 2021-03-06]. ISSN 21735093. Dostupné z: [doi:10.1016/j.endoen.2016.08.013](https://doi.org/10.1016/j.endoen.2016.08.013)

49. LORENTE R. R. M., ed., 2012. Dual energy X-ray absorptimetry: Fundamentals, methodology, and clinical applications. *Radiología (English Edition)* [online]. **54**(5), 410-423 [cit. 2021-03-26]. ISSN 21735107. Dostupné z: doi:10.1016/j.rxeng.2011.09.005
50. LORENTZON, M. a S. R. CUMMINGS, 2015. Osteoporosis: the evolution of a diagnosis. *Journal of Internal Medicine* [online]. **277**(6), 650-661 [cit. 2020-9-01]. ISSN 09546820. Dostupné z: doi:10.1111/joim.12369
51. LOUBONNICK, S., 2007. HSA: Beyond BMD with DXA. *Bone* [online]. **41**(1), S9-S12 [cit. 2020-02-23]. ISSN 87563282. Dostupné z: doi:10.1016/j.bone.2007.03.007
52. LUNDIN, H., ed., 2015. Laser-Supported Dual Energy X-Ray Absorptimetry (DXL) Compared to Conventional Absorptimetry (DXA) and to FRAX as Tools for Fracture Risk Assessments. *PLOS ONE* [online]. **10**(9) [cit. 2020-01-23]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0137535
53. MACFARLANE, D. J., ed., 2016. Agreement between bioelectrical impedance and dual energy X-ray absorptimetry in assessing fat, lean and bone mass changes in adults after a lifestyle intervention. *Journal of Sports Sciences* [online]. **34**(12), 1176-1181 [cit. 2021-03-07]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2015.1096416
54. MARRA, M., ed., 2019. Assessment of Body Composition in Health and Disease Using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and Dual Energy X-Ray Absorptimetry (DXA): A Critical Overview. *Contrast Media & Molecular Imaging* [online]. **2019**, 1-9 [cit. 2021-03-07]. ISSN 1555-4309. Dostupné z: doi:10.1155/2019/3548284
55. MIALICH, M. S. ed., 2014. Analysis of Body Composition: A Critical Review of the Use of Bioelectrical Impedance Analysis. *International Journal of Clinical Nutrition* [online]. **2**(1), 1-10 [cit. 2021-01-27]. ISSN 2376-1393. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/284807280\\_Analysis\\_of\\_body\\_composition\\_A\\_critical\\_review\\_of\\_the\\_use\\_of\\_bioelectrical\\_impedance\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/284807280_Analysis_of_body_composition_A_critical_review_of_the_use_of_bioelectrical_impedance_analysis)

56. MILLER, R. M., CH. L. TOBY a S. P. BURNS, 2016. Validating InBody ® 570 Multi-frequency Bioelectrical Impedance Analyzer versus DXA for Body Fat Percentage Analysis. *Journal of Exercise Physiology* [online]. **19**. 71-78. [cit. 2020-02-27]. ISSN 1097-9751. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/304668415\\_Validating\\_InBodyR\\_570\\_Multi-frequency\\_Bioelectrical\\_Impedance\\_Analyzer\\_versus\\_DXA\\_for\\_Body\\_Fat\\_Percentage\\_Analysis\\_3576\\_Board\\_15\\_June\\_4\\_8\\_00\\_AM\\_-\\_9\\_30\\_AM](https://www.researchgate.net/publication/304668415_Validating_InBodyR_570_Multi-frequency_Bioelectrical_Impedance_Analyzer_versus_DXA_for_Body_Fat_Percentage_Analysis_3576_Board_15_June_4_8_00_AM_-_9_30_AM)
57. MIYATAKE, N., ed., 2009. Reference Data of Multi Frequencies Bioelectric Impedance Method in Japanese. *Anti-Aging Medicine* [online]. **6** (3), 10-14 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaam/6/3/6\\_3\\_10/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jaam/6/3/6_3_10/_pdf)
58. NGAI, H. H. Y., ed., 2009. Bioimpedance: can its addition to simple clinical criteria enhance the diagnosis of osteoporosis?, 2009. *Journal of Bone and Mineral Metabolism* [online]. **27**(3), 372-378 [cit. 2021-03-06]. ISSN 0914-8779. Dostupné z: doi:10.1007/s00774-009-0043-0
59. NUR, H., ed., 2013. The relationship between body composition and bone mineral density in postmenopausal Turkish women. *Rheumatology International* [online]. **33**(3), 607-612 [cit. 2021-01-27]. ISSN 0172-8172. Dostupné z: doi:10.1007/s00296-012-2391-7
60. NUTTALL, F. Q., 2015. Body Mass Index. *Nutrition Today* [online]. **50**(3), 117-128 [cit. 2020-03-05]. ISSN 0029-666X. Dostupné z: doi:10.1097/NT.0000000000000092
61. OEI, L., ed., 2016. Quantitative imaging methods in osteoporosis. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery* [online]. **6**(6), 680-698 [cit. 2020-01-21]. ISSN 22234292. Dostupné z: doi:10.21037/qims.2016.12.13
62. ÖZTÜRK, N., E. OZTURK-ISIK a Y. ÜLGEN, 2018. Screening post-menopausal women for bone mineral level by bioelectrical impedance spectroscopy of dominant arm. *Journal of Electrical Bioimpedance* [online]. **9**(1), 39-47 [cit. 2019-11-04]. ISSN 1891-5469. Dostupné z: doi:10.2478/joeb-2018-0007
63. PARK, J. H., ed., 2012. The association between fat and lean mass and bone mineral density: The Healthy Twin Study. *Bone* [online]. **50**(4), 1006-1011 [cit. 2021-03-20]. ISSN 87563282. Dostupné z: doi:10.1016/j.bone.2012.01.015

64. PATIL, B. R., ed., 2012. Estimation of bone mineral content from bioelectrical impedance analysis in Indian adults aged 23-81 years: a comparison with dual energy X-ray absorptiometry. *International Journal of Biomedical Engineering and Technology* [online]. **8**(1) [cit. 2020-02-03]. ISSN 1752-6418. Dostupné z: doi:10.1504/IJBET.2012.045360
65. PBF aneb procentuální podíl tělesného tuku – InBody, 2017. *Tělesná diagnostika - InBody* [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/blog/666-pbf-aneb-procentualni-podil-telesneho-tuku>
66. PLUIJM, S. M. F., ed., 2001. Determinants of Bone Mineral Density in Older Men and Women: Body Composition as Mediator. *Journal of Bone and Mineral Research* [online]. **16**(11), 2142-2151 [cit. 2021-03-18]. ISSN 08840431. Dostupné z: doi:10.1359/jbmr.2001.16.11.2142
67. POSPÍŠILOVÁ, A., 2010. *Změny kostní denzity a architektiky u sportovních gymnastek* [online]. Praha, [cit. 2018-06-05]. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, 2. lékařská fakulta. Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/54635>
68. RIGGS, B. L., S. KHOSLA a L. J. MELTON, 2002. Sex Steroids and the Construction and Conservation of the Adult Skeleton. *Endocrine Reviews* [online]. **23**(3), 279-302 [cit. 2021-03-19]. ISSN 0163-769X. Dostupné z: doi:10.1210/edrv.23.3.0465
69. ROY, D. K., ed., 2003. Determinants of incident vertebral fracture in men and women: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Osteoporosis International* [online]. 2003, **14**(1), 19-26 [cit. 2021-03-19]. ISSN 0937-941X. Dostupné z: doi:10.1007/s00198-002-1317-8
70. RŮŽIČKOVÁ, O., 2017. Možnosti léčby osteoporózy. *Interní medicína pro praxi* [online]. **19**(5), 237-245 [cit. 2020-02-19]. ISSN 12127299. Dostupné z: doi:10.36290/int.2017.039
71. SALAMAT, M. R., ed., 2013. Relationship between Weight, Body Mass Index, and Bone Mineral Density in Men Referred for Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Scan in Isfahan, Iran. *Journal of Osteoporosis* [online]. **2013**, 1-7 [cit. 2021-01-27]. ISSN 2090-8059. Dostupné z: doi:10.1155/2013/205963

72. SCAFOGLIERI, A. a J. P. CLARYS, 2018. Dual energy X-ray absorptiometry: gold standard for muscle mass? *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* [online]. **9**(4), 786-787 [cit. 2021-03-07]. ISSN 21905991. Dostupné z: doi:10.1002/jcsm.12308
73. SHAYGANFAR, A., ed., 2020. Associations between bone mineral density, trabecular bone score, and body mass index in postmenopausal females. *Osteoporosis and Sarcopenia* [online]. **6**(3), 111-114 [cit. 2021-03-19]. ISSN 24055255. Dostupné z: doi:10.1016/j.afos.2020.08.002
74. SOZEN, T., L. OZISIK a N. C. BASARAN, 2017. An overview and management of osteoporosis. *European Journal of Rheumatology* [online]. **4**(1), 46-56 [cit. 2020-09-28]. ISSN 21479720. Dostupné z: doi:10.5152/eurjrheum.2016.048
75. STEWART, K. J., ed., 2002. Fitness, fatness and activity as predictors of bone mineral density in older persons. *Journal of Internal Medicine* [online]. **252**(5), 381-388 [cit. 2021-03-18]. ISSN 0954-6820. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2796.2002.01050.x
76. STONE, T. M., ed., 2018. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry for Estimating Bone Mineral Content. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **28**(5), 542-546 [cit. 2021-03-07]. ISSN 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2017-0185
77. STUDÝNKOVÁ, J., 2015. Postmenopauzální osteoporóza. *Angis Revue*. Vyškov: Angis plus, **8**(4), 26-28. ISSN 2464-5435.
78. SZÚ, 20. říjen - Světový den osteoporózy, 2007. *SZÚ* [online]. [cit. 24.03.2021]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/publikace/mezinarodni-den-osteoporozy>
79. ŠTĚPÁN, J., 2016. Osteoporóza u mužů. *Journal of Czech Physicians / Casopis Lekarů Ceských* [online]. **155**(7), 340-348 [cit. 2021-03-16]. ISSN 00087335. Dostupné z: <http://www.remedia.cz/Clanky/Prehledy-nazory-diskuse/Osteoporozu-u-muzu/6-F-11X.magarticle.aspx>
80. TALOVÁ, B., 2019. *Hodnocení složení těla metodou bioimpedanční analýzy u zdravých dobrovolníků* [online]. Hradec Králové, [cit. 2021-01-27]. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Farmaceutická fakulta. PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph.D. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/116958>
81. TANNER, B. a MOORE, 2012. A review of the use of dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) in rheumatology. *Open Access Rheumatology: Research and Reviews* [online]. **11**(4), 99-107 [cit. 2020-02-06]. ISSN 1179-156X. Dostupné z: doi:10.2147/OARRR.S29000

82. *The National Osteoporosis Foundation*. Risk Assessment (FRAX) [online]. © NOF [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.nof.org/patients/diagnosis-information/risk-assessment-frax/>
83. *The University of Sheffield*. Welcome to FRAX®[online]. Centre for Metabolic Bone Diseases, University of Sheffield, UK [cit. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.sheffield.ac.uk/FRAX/index.aspx>
84. TOOMBS, R. J., ed., 2012. The Impact of Recent Technological Advances on the Trueness and Precision of DXA to Assess Body Composition. *Obesity* [online]. **20**(1), 30-39 [cit. 2020-01-23]. ISSN 19307381. Dostupné z: doi:10.1038/oby.2011.211
85. VON HURST, Pamela R., ed., 2016. Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis to estimate body fat percentage against air displacement plethysmography and dual-energy X-ray absorptiometry. *Nutrition & Dietetics* [online]. **73**(2), 197-204 [cit. 2020-01-28]. ISSN 14466368. Dostupné z: doi:10.1111/1747-0080.12172
86. VYSKOČIL, V., 2009. *Osteoporóza a ostatní nejčastější metabolická onemocnění skeletu*. Praha: Galén, s. 507. ISBN 978-80-7262-637-3.
87. WEAVER, C. M., ed., 2016. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis International* [online]. **27**, 1281–1386 [cit. 2021-01-25], Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3440-3>
88. WU, S. F. a X. J. DU, 2016. Body Mass Index May Positively Correlate with Bone Mineral Density of Lumbar Vertebra and Femoral Neck in Postmenopausal Females. *Medical Science Monitor* [online]. **22**, 145-151 [cit. 2021-01-27]. ISSN 1643-3750. Dostupné z: doi:10.12659/MSM.895512
89. YOO, H. J., ed., 2012. The differential relationship between fat mass and bone mineral density by gender and menopausal status. *Journal of Bone and Mineral Metabolism* [online]. **30**(1), 47-53 [cit. 2021-01-29]. ISSN 0914-8779. Dostupné z: doi:10.1007/s00774-011-0283-7
90. ZHAO, L. J., ed., 2007. Relationship of Obesity with Osteoporosis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. **92**(5), 1640-1646 [cit. 2021-03-18]. ISSN 0021-972X. Dostupné z: doi:10.1210/jc.2006-0572



91. ZHAO, L. J., ed., 2008. Correlation of Obesity and Osteoporosis: Effect of Fat Mass on the Determination of Osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research* [online]. **23**(1), 17-29 [cit. 2021-03-20]. ISSN 08840431. Dostupné z: doi:10.1359/jbmr.070813
92. ZHU, K., ed., 2015. Associations between body mass index, lean and fat body mass and bone mineral density in middle-aged Australians: The Busselton Healthy Ageing Study. *Bone* [online]. **74**, 146-152 [cit. 2021-01-27]. ISSN 87563282. Dostupné z: doi:10.1016/j.bone.2015.01.015
93. ŽOFKOVÁ, I., 2012. *Osteologie a kalcium-fosfátový metabolismus: aktuální témata* [online]. Praha: Grada, [cit. 2021-01-25], s. 148. ISBN 978-80-247-8168-6. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/osteologie-a-kalcium-fosfatovy-metabolizmus-389253/#>

## SEZNAM ZKRATEK

ALP	alkalická fosfatáza
AMN	the Age-Matched Normal BMD
BF	Body Fat; tělesný tuk
BIA	Bioelectrical Impedance Analysis; bioelektrická impedanční analýza
BMC	Bone Mineral Content; obsah minerálů v kosti
BMD	Bone Mineral Density; kostní hustota
BMI	Body Mass Index; index tělesné hmotnosti
BMU	Basic Multicellular Unit; základní mnohobuněčná jednotka kosti
BW	Body Weight; tělesná hmotnost
DLM	Dry Lean Mass; suchá štíhlá hmota
DXA	Dual X-ray Absorptiometry, dvouenergieová rentgenová absorpciometrie
ECW	Extra-Cellular Water; extracelulární tekutina
FFM	Fat-Free Mass; tukuprostá tělní hmota
FM	Fat Mass; tuková hmota
FRAX	Fracture Risk Assessment Tool
ICW	Intra-Cellular Water; intracelulární tekutina
IGF-I	inzulinu podobný růstový faktor I
LM	Lean Mass, štíhlá hmota
MF-BIA	Multiple-frequency BIA; multifrekvenční BIA
OP	osteoporóza
PBM	Peak Bone Mass; maximum kostní hmoty
PTH	parathormon
RTG	rentgenový
SF-BIA	Single Frequency BIA; jednofrekvenční BIA
SD	směrodatná odchylka
TBW	Total Body Water; celková tělesná voda
YN	the Young Normal BMD
WHO	World Health Organization; Světová zdravotnická organizace

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Anatomie kosti – složení trámčité a kortikální kosti, její struktura a cévní zásobení .....	14
Obrázek 2. Kostní remodelace.....	16
Obrázek 3. Kostní hmota hmota v průběhu života s optimálním a neoptimálním životním stylem .....	17
Obrázek 4. Mikrofotografie normální vs. osteoporotické kosti .....	19
Obrázek 5. Pokles BMD v jednotlivých oblastech a riziko zlomenin v závislosti na věku .....	24
Obrázek 6. Hlavní tělesné segmenty .....	29
Obrázek 7. Vyšetření bederní páteře .....	41
Obrázek 8. DXA vyšetření levého femuru .....	42
Obrázek 9. Uchopení ručních elektrod .....	42
Obrázek 10. Správný postoj při měření BIA .....	43

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Rizikové faktory osteoporózy.....	21
Tabulka 2. Diagnostické metody osteoporózy .....	22
Tabulka 3. WHO definice osteoporózy založená na BMD .....	26
Tabulka 4. Klasifikace obezity podle WHO 1997.....	30
Tabulka 5. Rozdělení mužů a žen podle věkových kategorií .....	37
Tabulka 6. Klasifikace obezity podle WHO 1997, vlastní úprava .....	39
Tabulka 7. Interpretace hodnot korelačního koeficientu .....	44
Tabulka 8. Porovnání tělesné výšky (cm) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích .....	45
Tabulka 9. Porovnání tělesné výšky (cm) u žen v jednotlivých věkových kategoriích .....	46
Tabulka 10. Porovnání tělesné hmotnosti (kg) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích .....	46
Tabulka 11. Porovnání tělesné hmotnosti (kg) u žen v jednotlivých věkových kategoriích .....	47
Tabulka 12. Porovnání indexu tělesné hmotnosti ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích .....	47
Tabulka 13. Porovnání indexu tělesné hmotnosti ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) u žen v jednotlivých věkových kategoriích .....	48
Tabulka 14. Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (%) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích.....	49
Tabulka 15. Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (%) u žen v jednotlivých věkových kategoriích.....	49
Tabulka 16. Porovnání tukuprosté tělesné hmoty (kg) u mužů v jednotlivých věkových kategoriích .....	49
Tabulka 17. Porovnání tukuprosté tělesné hmoty (kg) u žen v jednotlivých věkových kategoriích .....	50
Tabulka 18. Porovnání obsahu minerálů v kostech (kg) změřeného bioimpedancí u mužů v jednotlivých věkových kategoriích.....	50
Tabulka 19. Porovnání obsahu minerálů v kostech (kg) změřeného bioimpedancí u žen v jednotlivých věkových kategoriích.....	51
Tabulka 20. Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) v oblasti páteře L1–L4 u mužů v jednotlivých věkových kategoriích.....	52
Tabulka 21. Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) v oblasti páteře L1–L4 u žen v jednotlivých věkových kategoriích.....	52
Tabulka 22. Porovnání T-skóre v oblasti páteře L1–L4 u mužů v jednotlivých věkových kategoriích .....	52
Tabulka 23. Porovnání T-skóre v oblasti páteře L1–L4 u žen v jednotlivých věkových kategoriích .....	53
Tabulka 24. Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergievé rentgenové absorpciometrie v oblasti páteře L1–L4 u mužů v jednotlivých věkových kategoriích .....	54
Tabulka 25. Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergievé rentgenové absorpciometrie v oblasti páteře L1–L4 u žen v jednotlivých věkových kategoriích .....	54
Tabulka 26. Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) kyčle u mužů v jednotlivých věkových kategoriích .....	55

Tabulka 27. Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) kyčle u žen v jednotlivých věkových kategoriích .....	55
Tabulka 28. Porovnání T-skóre v oblasti kyčle u mužů v jednotlivých věkových kategoriích .....	55
Tabulka 29. Porovnání T-skóre v oblasti kyčle u žen v jednotlivých věkových kategoriích....	56
Tabulka 30. Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti kyčle u mužů v jednotlivých věkových kategoriích.....	57
Tabulka 31. Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti kyčle u žen v jednotlivých věkových kategoriích .....	57
Tabulka 32. Porovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věku 30,00–49,99 let .....	58
Tabulka 33. Porovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věku 50,00–59,99 let .....	58
Tabulka 34. Porovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věku 60,00–69,99 let .....	59
Tabulka 35. Porovnání somatických a minerálních parametrů mužů a žen ve věku 70,00–80,00 let .....	60
Tabulka 36. Porovnání tělesné výšky (cm) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	62
Tabulka 37. Porovnání tělesné výšky (cm) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	62
Tabulka 38. Porovnání tělesné hmotnosti (kg) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	63
Tabulka 39. Porovnání tělesné hmotnosti (kg) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	63
Tabulka 40. Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (%) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	64
Tabulka 41. Porovnání procentuálního zastoupení tělesného tuku (%) mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	65
Tabulka 42. Porovnání obsahu minerálů v kostech (kg) změřeného bioimpedancí mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	65
Tabulka 43. Porovnání obsahu minerálů v kostech (kg) změřeného bioimpedancí mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	66
Tabulka 44. Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	67
Tabulka 45. Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	67
Tabulka 46. Porovnání T-skóre v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	68
Tabulka 47. Porovnání T-skóre v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	69
Tabulka 48. Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	69
Tabulka 49. Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie v oblasti páteře L1–L4 mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	69

Tabulka 50. Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	70
Tabulka 51. Porovnání kostní hustoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	71
Tabulka 52. Porovnání T-skóre v oblasti kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	71
Tabulka 53. Porovnání T-skóre v oblasti kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	72
Tabulka 54. Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergievé rentgenové absorpciometrie v oblasti kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u mužů .....	72
Tabulka 55. Porovnání obsahu minerálů v kosti (g) změřeného pomocí dvouenergievé rentgenové absorpciometrie v oblasti kyčle mezi kategoriemi indexu tělesné hmotnosti u žen.....	72
Tabulka 56. Porovnání somatických a minerálních parametrů žen s menstruací a žen v menopauze .....	73
Tabulka 57. Vztah věku a množství minerálů v kostech u žen .....	74
Tabulka 58. Korelace anatomických oblastí u žen .....	75
Tabulka 59. Závislost obsahu minerálů v kostech (kg) změřených bioimpedancí a obsahu minerálů (g) změřených dvouenergieovou rentgenovou absorpciometrií u žen .....	76

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Porovnání hmotnosti (kg) mužů a žen ve věkových kategoriích .....	47
Graf 2. Porovnání obsahu minerálů (kg) v kostech mužů a žen ve věkových kategoriích změřeného pomocí metody BIA.....	51
Graf 3. T-skóre bederní páteře mužů a žen podle věku.....	53
Graf 4. T-skóre kyčle mužů a žen podle věku.....	56
Graf 5. Relativní zastoupení tělesného tuku u mužů a žen ve věkových kategoriích .....	61
Graf 6. Relativní zastoupení tukuprosté tělesné hmoty u mužů a žen ve věkových kategoriích .....	61
Graf 7. Porovnání hmotnosti (kg) mužů a žen v BMI kategoriích .....	64
Graf 8. Porovnání relativního množství tělesného tuku (%) mužů a žen v BMI kategoriích ..	65
Graf 9. Kostní hustota bederní páteře u mužů a žen v BMI kategoriích .....	67
Graf 10. Obsah minerálů v kostech (DXA) u mužů a žen v BMI kategoriích .....	70
Graf 11. Množství minerálů v těle dle věkových kategorií u žen z vyšetření DXA a BIA .....	76

# PŘÍLOHY

## Příloha 1: Souhlas jednatelky denzitometrického pracoviště s provedením výzkumného šetření



Fakulta  
zdravotnických věd

MUDr. Simona Stupková, MBA

Jednatel společnosti

G-Medica spol. s r.o.,

I. P. Pavlova 185/6

Olomouc

779 00

### Souhlas s provedením výzkumného šetření

Souhlasím, aby Bc. Mičulková Hedvika, studentka navazujícího magisterského studijního programu Zobrazovací technologie v radiodiagnostice v prezenční formě studia na Fakultě zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci, prováděla výzkumné šetření na denzitometrickém pracovišti G-Medica spol. s r.o., I. P. Pavlova 185/6 v Olomouci, v období leden až prosinec 2020.

Souhlasím, aby současně s vyšetřením pacientů na DXA prováděla diagnostiku tělesné kompozice pomocí metody bioelektrické impedanční analýzy (BIA).

Rovněž souhlasím s tím, že získané údaje a data budou anonymně zpracovány, použity pro účely výzkumného šetření a že výsledky mohou být anonymně publikovány.

MUDr. Simona Stupková, MBA  
jednatel společnosti

**G-Medica, spol. s r.o.**

V KŘOVINÁCH 21  
779 00 OLOMOUČ  
IČO: 26285258  
TEL./FAX: 585 431 025

V Olomouci dne 19. prosince 2019

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci  
Hněvotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 852  
www.fzv.upol.cz



**Příloha 2: Záznamní list pro antropometrické měření a dotazník**

**2 Záznamní list: antropometrie + dotazník**

**Kód: např. 01 DXA\_**

P. č.	Jméno	Odhad Tělvýš	Odhad hmotnosti	Tělesná výška	Hmotnost InBody	Obvod pasu	Obvod břicha	Obvod boků	Nekuřák 1	Kuřák 2	Zaměstnání Vypsat	Sport mláďd A - 1, N- 2	Nesport. 1 Sportovec 2	Mens. An01 Mens. Ne 2	Léky A-1, N-2
01															
02															
03															
04															
05															
06															
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
15															

### Příloha 3: Vyjádření Etické komise FZV UP



Fakulta  
zdravotnických věd

UPOL-3988/1030-2020

**Vážená paní  
Bc. Hedvika Mičulková**

2020-10-01

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „**Hodnocení minerální složky u 30-80letých mužů a žen s využitím bioelektrické impedance a dvouenergiové rentgenové absorpciometrie**“, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

**souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .**

S pozdravem,

Mgr. Lenka Mázalová, Ph.D.  
předsedkyně  
Etické komise FZV UP

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Fakulta zdravotnických věd  
Etická komise  
Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc



Fakulta  
zdravotnických věd

Genius loci

### **Žádost o vyjádření Etické komise FZV UP k výzkumné části diplomové práce**

**Název diplomové práce: Hodnocení minerální složky u 30–80letých mužů a žen s využitím bioelektrické impedance a dvouenergie rentgenové absorpciometrie**

**Student/autor:** Jméno a příjmení: Bc. Hedvika Mičulková

E-mail studenta: micuhe00@upol.cz

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice -  
- prezenční forma

**Vedoucí diplomové práce: doc. PaedDr. Miroslav Kopecký, Ph.D.**

**Výzkumná část diplomové práce:**

*Vyplňte každou kategorii, vždy max. 800 znaků.*

**Cíle:** Zjistit závislost mezi kostní denzitou a tělesnou kompozicí u dospělých mužů a žen.

**Metodika:** kvantitativní výzkum

**Popis výběru subjektů výzkumu, charakteristika výzkumného souboru:** Výzkum bude prováděn na souboru dospělých pacientů, kteří přicházejí na lékařem indikované vyšetření kostní hustoty metodou dvouenergie rentgenové absorpciometrie (DXA). Bude se jednat o muže a ženy ve věkovém intervalu 30 až 80 let. Měření bude probíhat na denzitometrickém pracovišti G-Medica spol. s r.o., I. P. Pavlova 185/6, Olomouc, v období leden až prosinec 2020, s písemným souhlasem jednatelky MUDr. Simony Stupkové, MBA (Příloha 2). Předpokládaný počet probandů je přibližně 250.


**Popis sběru, zpracování, uchování a prezentace, způsob zajištění anonymity dat:** Pacient, který na základě indikace přichází na standardně objednané vyšetření DXA a splňuje věkové kritérium, bude požádán, zda

by se zúčastnil výzkumného šetření. Budou mu sděleny relevantní informace a zodpovězeny dotazy. V případě jeho souhlasu bude před vlastním vyšetřením DXA provedeno měření tělesné kompozice metodou bioelektrické impedance (BIA) na přístroji InBody 230. Současně bude změřena tělesná výška, obvod pasu, břicha a boků, budou odebrána základní demografická data související s kostní densitou. Následně již bude pacient vyšetřen na přístroji DXA. Naměřená data a získané informace budou pro potřeby zpracování a analýzy zaznamenávány do tabulky a použity anonymně pouze pod číselným označením subjektu.

**Možná rizika či zátěž pro účastníky výzkumného šetření, uvedení délky zátěže (testování):** Vyšetření bioelektrickou impedancí nepředstavuje pro pacienta - probanda žádné riziko, jedná se o metodu neinvazivní, nezátěžující organismus. Časová náročnost měření BIA je přibližně 1 minuta, antropometrické měření 2 min., celkem 2–3 minuty. Následné vyšetření DXA je spojeno s minimální radiační zátěží, která se však výzkumného šetření netýká, je plně zdůvodněna požadavkem indikujícího lékaře. Časová náročnost měření DXA je přibližně 15 minut. Celková doba měření (antropometrie, BIA a DXA): 17–18 min.

**Etické aspekty studie (respektování osobní svobody, rasové, etnické tolerance, zařazení do studie osob neschopných udělit souhlas apod.):** V průběhu výzkumu bude kladen důraz na etické aspekty, do studie budou zařazeny pouze dospělé osoby, které na základě srozumitelně sdělených informací svobodně vyjádří souhlas s účastí a použitím získaných, anonymizovaných dat pro účel tvorby mé diplomové práce. Osobní údaje účastníků výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracovány v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES.

Vyjádření vedoucího práce k etickým aspektům diplomové práce, vyjádření souhlasu s uvedeným popisem výzkumné části diplomové práce: Souhlasím.  
doc. PaedDr. M. Kopecký, Ph.D.

20. 11. 2019 

**Povinné přílohy žádosti:**

1. **Informovaný souhlas** poskytovaný subjektům výzkumu včetně písemné informace poskytované subjektům výzkumu. Informovaný souhlas musí být vytvořen dle vzoru dostupného na [www.fzv.upol.cz](http://www.fzv.upol.cz).

nebo

2. **Text informace pro účastníky anonymního dotazníkového šetření**

V OLOMOUCI dne 20. 12. 2019 Podpis žadatele Miálková

Žádost spolu s přílohami zasílejte v elektronické podobě a 1x v tištěném vyhotovení nejpozději 7 dní před jednáním na adresu Etické komise – Mgr. Lenka Stloukalová, [lenka.stloukalova@upol.cz](mailto:lenka.stloukalova@upol.cz), EK FZV UP, Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc.  
O stanovisku Etické komise budete vyrozuměni elektronicky.

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci  
Hněvotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 880  
[www.fzv.upol.cz](http://www.fzv.upol.cz)

## **Příloha 5: Informovaný souhlas**

### **Informovaný souhlas**

Pro výzkumný projekt:

**Hodnocení minerální složky u 30–80letých mužů a žen s využitím bioelektrické impedance a dvouenergiové rentgenové absorpciometrie**

Období realizace: leden 2020 – prosinec 2020

Řešitel projektu: Bc. Hedvika Mičulková, doc. PaedDr. Miroslav Kopecký, Ph.D.

Vážená paní, vážený pane,

obracím se na Vás s žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je zjištění vzájemného vztahu mezi kostní hustotou stanovenou metodou dvouenergiové rentgenové absorpciometrie (DXA), na kterou dnes přicházíte s žádankou od lékaře, a celkového tělesného složení, které je diagnostikováno pomocí metody bioelektrické impedanční analýzy (BIA). V případě Vašeho souhlasu budete před vyšetřením DXA vyšetřen/a na přístrojem InBody 230 (BIA). Před vlastním měřením BIA a DXA Vám bude změřena tělesná výška, obvod pasu, břicha a boků, budete dotázán/a na typ zaměstnání, úroveň pohybové aktivity a u žen na menopauzu. Vlastní vyšetření BIA probíhá ve stoje a trvá přibližně 1 minutu. Celková časová náročnost těchto úkonů je přibližně 2–3 minuty. Ihned poté bude následovat vyšetření DXA, které si vyžádal Váš lékař, doba měření cca 15 min. Celková doba vyšetření je cca 17–18 minut.

Z účasti na výzkumu pro Vás nevyplývají žádná rizika. Metoda bioelektrické impedanční analýzy je neinvazivní a nijak nezatěžuje Váš organismus. Jediným omezením je tedy časové zpoždění. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

### **Prohlášení účastníka výzkumu**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na

výzkumu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracována v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží účastník výzkumu (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu (zákonného zástupce): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

V \_\_\_\_\_ dne: \_\_\_\_\_

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_