

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



**MOŽNOSTI HODNOCENÍ OSTEOPENIE A OSTEOPORÓZY NA PŘÍSTROJI INBODY  
720 A DXA U POSTMENOPAUZÁLNÍCH ŽEN**

Dizertační práce  
Autor: Mgr. Ondřej Kapuš

Školící pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii, FTK UP  
Školitel: prof. RNDr. Jarmila Riegerová, CSc.

Olomouc 2015

**Jméno a příjmení autora:** Mgr. Ondřej Kapuš

**Název disertační práce:** Možnosti hodnocení osteopenie a osteoporózy na přístroji InBody 720 a DXA u postmenopauzálních žen

**Vedoucí disertační práce:** prof. RNDr. Jarmila Riegerová, CSc.

**Školící pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Rok obhajoby disertační práce:** 2015

**Abstrakt:** Disertační práce se zabývá primární osteoporózou, tělesným složením a pohybovou aktivitou u skupiny 167 postmenopauzálních žen. Cílem práce je posoudit aktuální stav kostní denzity (metoda DXA) u seniorek a vyhodnotit možnosti posouzení aktuálního stavu kostní denzity nepřímou metodou odhadu kostních minerálů při vyšetření přístrojem InBody 720, posoudit vztahy tělesného složení – rozvoj kosterní, svalové a tukové frakce k nástupu a rozvoji uvedené charakteristiky doprovázející involuční fázi ontogeneze člověka, vliv pohybové aktivity na nástup a průběh osteopenie a osteoporózy. Získaná data byla statisticky analyzována prostřednictvím softwaru Statistica 10.

**Klíčová slova:** *osteoporóza, kostní denzita, menopauza, tělesné složení, pohybová aktivita DXA, InBody 720, ActiGraph GT1M*

Disertační práce byla zpracována v rámci výzkumného záměru: „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“ (MSM 6198959221) a studentských grantů IGA: FTK\_2010\_012 a FTK\_2011\_014).

Souhlasím s půjčováním disertační práce v rámci knihovních služeb

**Author's first name and surname:** Mgr. Ondřej Kapuš

**Title of the dissertation thesis:**

**Supervisor:** prof. RNDr. Jmila Riegerová, CSc.

**Educational Department:** The Department of the Natural Sciences in Kinanthropology

**The year of the presentation:** 2015

**Abstract:** The dissertation thesis deals with primary osteoporosis, body composition and physical activity in a group of 167 postmenopausal women. The aim is to assess the current status of bone mineral density (DXA method) for seniors and evaluate the possibility of assessing the current status of bone mineral density using the indirect method for estimating bone mineral testing device InBody 720, to assess the relationship of body composition - the development of skeletal muscle and fat fraction for the onset and development of the characteristics accompanying the involitional phase of ontogeny, influence of physical activity on the onset and course of osteopenia and osteoporosis. The data were statistically analysed using the software Statistica 10<sup>th</sup>.

**Keywords:** *osteoporosis, bone mineral density, menopause, body composition, physical activity, DXA, InBody 720, ActiGraph GT1M*

The dissertation has been supported by research grant: 'Physical Activity and Inactivity of the Inhabitants of the Czech republic in the Context of Behavioural Changes' reg. No 6198959221 and students grant IGA: FTK\_2010\_012 and FTK\_2011\_014.

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

Je mou milou povinností poděkovat všem, kteří přispěli k tomu, že tato práce vznikla. Především mé školitelce prof. RNDr. Jarmile Riegerové, CSc. za celou řadu cenných nápadů, metodické vedení a věcné připomínky. Velký dík patří také doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D., Mgr. Aleši Gábovi, Ph.D., Mgr. Janě Pelclové, Ph.D., a Renátě Slezákové. Dále bych chtěl poděkovat za vstřícnost a spolupráci i dalším pracovníkům Fakulty tělesné kultury, kteří mi větší či menší mírou byli nápomocni při řešení jednotlivých částí dizertační práce.

Prohlašuji, že jsem dizertační práci zpracoval samostatně pod vedením prof. RNDr. Jarmily Riegerové, CSc. a uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 28. května 2015

---

## OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>2 SYNTÉZA POZNATKŮ.....</b>	<b>10</b>
2.1 KOST A JEJÍ ZMĚNY V PRŮBĚHU ONTOGENEZE.....	10
2.2 VARIABILITA KOSTNÍ DENZITY.....	11
2.3 BIOMECHANIKA KOSTI.....	15
2.4 KOSTNÍ MATRIX A MINERÁLY .....	17
2.5 PROCES REMODELACE KOSTI .....	18
2.6 STÁRNUTÍ .....	21
2.6.1 <i>Stárnutí a změny v tělesném složení.....</i>	<i>26</i>
2.6.1.1 Tělesný tuk .....	26
2.6.1.2 Tukuprostá hmota/štíhlá tělesná hmota.....	27
2.6.1.3 Tělesné indexy .....	29
2.7 MENOPAUZA.....	30
2.8 ZOBRAZOVACÍ METODY OSTEOPORÓZY.....	30
2.9 OSTEOPORÓZA .....	34
2.10 OSTEOPORÓZA A TĚLESNÉ SLOŽENÍ.....	40
2.11 OSTEOPORÓZA A POHYBOVÁ AKTIVITA .....	42
<b>3 CÍL, HYPOTÉZY A ÚKOLY PRÁCE.....</b>	<b>46</b>
3.1 VĚDECKÉ OTÁZKY .....	46
3.2 VÝZKUMNÝ CÍL PRÁCE .....	46
3.2.1 <i>Dílčí cíle.....</i>	<i>46</i>
3.3 HYPOTÉZY.....	47
<b>4 METODIKA PRÁCE .....</b>	<b>49</b>
4.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU .....	49
4.2 VYŠETŘENÍ NA PŘÍSTROJI DXA LUNAR PRODIGY PRIMO™ .....	51
4.2.1 <i>Výhody a limity metody DXA .....</i>	<i>55</i>
4.2.1 <i>Sledované parametry u vyšetření přístrojem DXA Lunar Prodigy Primo™ .....</i>	<i>57</i>
4.2.2 <i>Sledované segmenty denzitometrického vyšetření .....</i>	<i>58</i>
4.3 ANTROPOMETRICKÉ UKAZATELE A MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI INBODY 720 .....	60
4.3.1 <i>Sledované parametry u vyšetření přístrojem InBody720.....</i>	<i>62</i>
4.4 MONITORING POHYBOVÉ AKTIVITY .....	62
4.4.1 <i>Sledované markery pohybové aktivity.....</i>	<i>64</i>

4.5 VYMEZENÍ INDEXŮ .....	65
4.6 STATISTICKÁ ANALÝZA .....	66
4.7 MATERIÁLNÍ A FINANČNÍ ZAJIŠTĚNÍ PROJEKTU .....	67
<b>5 VÝSLEDKY .....</b>	<b>68</b>
5.1 PRŮMĚRNÉ HODNOTY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ A KOSTNÍ DENZITY NA PŘÍSTROJI INBODY 720 A PŘÍSTROJI DXA .....	68
5.2 ANALÝZA ROZDÍLŮ JEDNOTLIVÝCH PARAMETRŮ MĚŘENÝCH PŘÍSTROJI INBODY 720 A DXA MEZI VĚKOVÝMI KATEGORIEMI .....	71
5.3 ANALÝZA ZMĚN KOSTNÍ DENZITY S VĚKEM.....	74
5.4 ANALÝZA VYBRANÝCH CHARAKTERISTIK TĚLESNÉHO SLOŽENÍ U ŽEN S KOSTNÍ DENZITOU V NORMĚ A U ŽEN S OSTEOPENÍÍ PŘÍPADNĚ OSTEOPORÓZOU .....	81
5.5 VLIV DÉLKY DOBY OD MENOPAUZY NA TĚLESNÉ SLOŽENÍ A KOSTNÍ DENZITU .....	85
5.6 VLIV POHYBOVÉ AKTIVITY NA TĚLESNÉ PARAMETRY .....	89
5.7 SROVNÁNÍ PŘÍSTROJE INBODY 720 S PŘÍSTROJEM DXA.....	93
<b>6 DISKUZE .....</b>	<b>97</b>
6.1 INVOLUČNÍ ZMĚNY ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ .....	98
6.2 INVOLUČNÍ ZMĚNY DENZITY KOSTNÍ TKÁŇĚ .....	100
6.3 TĚLESNÉ SLOŽENÍ JAKO FAKTOR OVLIVŇUJÍCÍ DENZITU KOSTNÍ TKÁŇĚ.....	102
6.4 VLIV TĚLESNÉHO SLOŽENÍ NA KOSTNÍ DENZITU V ZÁVISLOSTI NA DOBĚ OD MENOPAUZY .....	103
6.5 VLIV POHYBOVÉ AKTIVITY NA TĚLESNÉ PARAMETRY .....	105
6.6 ROZDÍLY MEZI PŘÍSTROJI .....	106
6.7 PŘÍNOS A LIMITY STUDIE .....	108
<b>7 ZÁVĚR.....</b>	<b>110</b>
<b>8 SOUHRN .....</b>	<b>112</b>
<b>9 SUMMARY .....</b>	<b>113</b>
<b>10 PŘÍLOHY .....</b>	<b>114</b>
<b>11 REFERENČNÍ SEZNAM .....</b>	<b>117</b>

## 1 Úvod

Kost je jednou z nejtvrdějších tkání v lidském těle a po chrupavce je to nejodolnější tkáň schopná vzdorovat mechanickým stresům. Kosti tvoří hlavní podíl skeletu dospělého jedince, poskytující oporu měkkým tkáním, chrání životně důležité orgány, a přechovávají ve své dřeni krve tvorný orgán. Slouží též jako zásobárna tuku, kalcia, fosfátů a jiných iontů (Bartoníček & Heřt, 2004; Junquiera & Carneiro, 2007).

Ambrose, et al. (2002) a Spirduso, Francis, a MacRae (2005) uvádí další význam, kdy kost slouží jako páka pro svaly, které umožňují pohyb. Autoři dále podotýkají, že největší kvantitativní a kvalitativní změny se objevují v kostní tkáni během růstu a dospívání. Udržení zdravého kostního stavu během celého života je nezbytné, protože pokles kostní denzity (BMD) zvyšuje riziko osteoporózy a následných zlomenin.

Kombinací zdravé výživy s cvičením se v mládí vytváří zdravé kosti a vyšší maximum kostní denzity (tzv. peak bone mass, PBM) ve spojení s redukcí rizika kostních fraktur v pozdějším věku (Berger, et al., 2010; Spirduso, et al., 2005). Na pevnosti kosti se podílí jednak denzita kostní hmoty, jednak kvalita kosti - architektura, mineralizace, organická matrix a stav mikropoškození (Rodrigues, et al., 2009; Zikán, 2009). Obrovským problémem je to, že osteoporóza je dlouhou dobu asymptomatická a často uniká pozornosti až do vzniku první zlomeniny (Dungl, et al., 2005; Kalvach, Zadák, Jiráček, Zavázalová, & Sucharda, 2004).

Nedostatek pravidelné pohybové aktivity (PA) a preference sedavého způsobu života představuje pro seniorskou populaci zásadní faktor ovlivňující kvalitu jejich života. Nedávné trendy bohužel naznačují, že prevalence sedavého životního stylu je ve státech Evropské unie na vysoké úrovni (Varo, et al., 2003) a směrem ke starším věkovým kategoriím počet inaktivních jedinců výrazně narůstá. V rámci primární prevence řady chronických onemocnění je doporučeno pro dospělou a seniorskou populaci vykonávat adekvátní množství pohybové aktivity, která by se měla stát nepostradatelnou součástí jejich každodenního života (Chodzko-Zajko, et al., 2009).

Pozitivní vliv pohybové aktivity na zdraví jedince byl v minulosti častokrát potvrzen (Albright & Thompson, 2006; Hu, Tuomilehto, Silventoinen, Barengo, & Jousilahti, 2004). U postmenopauzálních žen je pravidelně prováděná pohybová aktivita spojována s redukcí rizika výskytu karcinomu prsu (McTiernan, et al., 2003; Patel, Callel, Bernstein, Wu, & Thun,



2003), rozvoje diabetes mellitus 2. typu (Folsom, Kushi, & Hong, 2000) nebo obezity (Gába, et al., 2009; Krumm, Dessieux, Andrews, & Thompson, 2006; Kyle, Genton, Gremion, Slosman, & Pichard, 2004). Její význam se dále odráží i ve zdraví kostní tkáně, neboť je stimulem pro osteoblastickou činnost, a ve svém důsledku podstatně redukuje riziko výskytu osteopenie či osteoporózy ve vyšším věku.

Především v souvislosti s prodlužováním lidského věku se celosvětově zvyšuje incidence osteoporózy (Burge, et al., 2007; Hernlund, et al., 2013). Na základě kritérií stanovených Světovou zdravotnickou organizací (WHO) v roce 2008 trpělo celosvětově osteoporózou přibližně 6 % mužů a 21 % žen ve věkovém rozmezí 50–84 let se zvyšující prevalencí.

V České republice trpí osteoporózou zhruba 600 000 osob. Věkově podmíněné zlomeniny končetin se vyskytují u 7,3 mužů z 1 000 a u 19 žen z 1 000, což odpovídá 2,5 násobku zlomenin ve „prospěch“ žen (Broulík, 2009). Podle Aviloli (2001) bude v roce 2025 v Evropě trpět zlomeninou proximálního femuru až 651 000 osob, což představuje zvýšení jejího výskytu až o 60 %. Mimoto starší lidé mají vyšší sklon k pádům způsobených svalovou insuficiencí, ztrátou rovnováhy, posturální hypotenzí a ztrátou kognitivních funkcí v důsledku nadměrného užívání léků nebo jejich interakcí. Etiologie osteoporotických zlomenin je komplexní a multifaktoriální (Cauley, et al., 2005).

Je nutné poznamenat, že v České republice stále chybí projekty, které by objektivně hodnotily stav kostní tkáně u ženské populace ve vztahu k tělesnému složení a pohybové aktivitě. Je třeba se zaměřit na tuto problematiku, částečně zacelit tento deficit a využít možnosti srovnání výsledků s obdobně koncipovanými zahraničními studii. V současné době je možné sledovat pozitivní trend v práci se seniory. Avšak stále existuje nedostatek nových studií na výše uvedené problematiku.

Jsem toho názoru, že zdravý životní styl nepochybně působí pozitivně na funkční stav organismu a z hlediska rozvoje kostní tkáně jsou jako velmi prospěšné vnímány pohybové činnosti, které zatěžují kost v kranio-kaudálním směru a mají impaktní charakter (Riegerová, Gába, Přidalová, & Langrová, 2009). Ke zlepšení kostní denzity dále přispívají nejrůznější formy resistenčních cvičení (Nixon, et al., 2007). Do jisté míry může každý jedinec zabránit i ztrátě svalové síly vhodným posilovacím cvičením a pohybovou aktivitou.

## 2 SYNTÉZA POZNATKŮ

### 2.1 Kost a její změny v průběhu ontogeneze

Broulík (1999); Čihák (2001); Přidalová a Riegerová (2002, 2008) dělí kostní tkáň v těle na dvě formy: *substantia compacta* (kompaktní, kortikální) a *substantia spongiosa* (spongiózní, trabekulární). Kost kompaktní tvoří u člověka lamelární kost a nachází se zpravidla v povrchové vrstvě kosti, kost spongiózní je uvnitř.

V obratlích činí zastoupení trabekulární kosti 70–90 %, v krčku kosti stehenní jen 25 %. Kompaktní kost představuje 70 % celkového skeletu (3,5 m<sup>2</sup>) a zbylých 30 % kost spongiózní (Broulík, 1999; Dungl, et al., 2005). Spongióza především vyplňuje epifyzární partie kostí a těla obratlů anastomozujícími lamelami a trámečky (trabekuly). Broulík (1999) uvádí, že spongióza představuje sice menší část hmotnosti skeletu, ale pro svou trámčitou strukturu má podstatně větší povrch (9 m<sup>2</sup>). Se zřetelem k velké ploše je trabekulární kost metabolicky aktivnější a více citlivá na účinky pohlavních hormonů (Tok, et al., 2004). Proto se také při převaze kostní resorpce hlavní změny pozorují na trámčité kosti. Obecně platí, že při vyrovnané remodelaci se během jednoho roku resorbuje a znovu vytvoří asi 25 % trabekulární kosti, ale jen asi 3 % kosti kompaktní.

Po celý život podstupuje kost neustále proces remodelace, kdy je stará kost nahrazena kostí novou. Dva hlavní mechanismy, které převážně ovlivňují zdravotní stav kosti je vrchol kostní hmoty a rychlost ztráty kostní hmoty s přibývajícím věkem, především v období menopauzy a postmenopauzy u žen.

U dětí je také stará kost resorbována, ale vzhledem k tomu, že je nová kost formována rychleji, narůstá celková kost lineárně s 40–70% vzestupem kostní hmoty během puberty. Kostní hmota pokračuje ve vzestupu až k vrcholu kostní hmoty, který bývá dosažen okolo 25–30 let u obojího pohlaví (Bartl & Frisch, 2009; Lu, Nayeem, Anderson, Grady, & Nagamani, 2009; Spirduso, et al., 2005). Naopak Boot, et al. (2010) uvádí, že vrcholná fáze plató nastává u lumbální páteře, celotělové denzity, kostních minerálů (BMC) a štíhlé tělesné hmoty (LBM) ve věku mezi 18.–20. rokem u žen a mezi 18.–23. rokem u mužů. Plošná denzita (BMD) parametrů proximálního femuru dosahuje vrcholu před 20. rokem života, naopak celková kostní denzita o 6–10 let později.

Boot, et al. (2010) dále uvádí, že okolo 85–90 % vrcholu kostní hmoty dosahují dívky ve věku 18 let a chlapci ve věku 20 let. Z 60–80 % se na PBM podílí genetické faktory, zbylých 20–40 % PBM utváří především strava a pohybová aktivita (Bartl & Frisch, 2009).

U průměrné ženy je vrchol kostní hmoty ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) obecně okolo 10 % nižší než u mužů. Ke konci třetí dekády života rychlost formace kosti upadá a je téměř shodná s rychlostí resorpce kosti a kost začíná ztrácet hmotu průměrně o 0,7–1,0 % za rok do zhruba 50 let u žen i u mužů. Kostní ztráta stoupá u žen na 2–3 % za rok na začátku menopauzy a pokračuje asi 5–10 let. V průměru může žena ztratit  $\frac{1}{3}$  až  $\frac{1}{2}$  kostní denzity během menopauzy (Spirduso, et al., 2005).

U zdravých žen je ztráta kostní denzity vzhledem k věku lineární. Snížení kostní denzity během celého života činí až 58 % u krčku femuru, 53 % v oblasti intertrochanteru femuru a 42 % v bederní páteři (Khan, et al., 2001).

Schulte-Geers, et al. (2011) tvrdí, že i u denzity lebečních kostí dochází u žen k pozvolnému úbytku po 20. roku života. U zdravých mužů je úbytek závislý na věku také lineární, avšak pokles kostní denzity v krčku femuru činí  $\frac{2}{3}$  poklesu denzity u žen, ale jenom  $\frac{1}{4}$  u žen v bederní páteři. Tak můžeme vysvětlit rozdíl v poměrech zlomenin u mužů, který je 1:2 u kyčle, ale 1:8 u obratlů bederní páteře (Khan, et al., 2001). Wilsgaard, et al. (2009) také uvádí rozdíly v úbytku kostní denzity u pohlaví. Například úbytek kortikální kosti v tělech obratlů je u mužů 10 % a u žen téměř 30 % ve věku 30–80 let. Avšak úbytek v trabekulární kosti v tělech obratlů je mnohem vyšší; u mužů 50 % a u žen až 65 % za stejnou 50letou periodu.

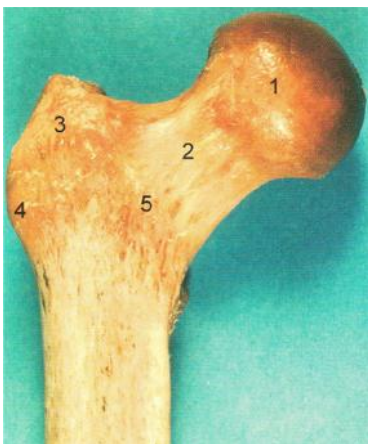
## 2.2 Variabilita kostní denzity

Co se týče tvaru a prostorového uspořádání, nejvíe žádná dlouhá kost lidského těla tak velkou individuální variabilitu jako proximální konec femuru (obrázek 1, obrázek 2). Dlouhá osa krčku svírá s dlouhou osou diafýzy tzv. kolodiafyzární úhel též nazývaný inklinanční úhel. Úhel se mění s věkem. Při narození dosahuje téměř  $160^\circ$  a postupně se během růstu snižuje. V dospělosti je udávána průměrná hodnota kolem  $126^\circ$  s variační šíří  $116^\circ$  až  $138^\circ$  (Bartoníček & Heřt, 2004).

Prostor nacházející se v blízkosti středu krčku stehenní kosti nazývaný Wardův trojúhelník je v průsečíku tří trabekulárních svazků a to dvou svazků pro tlak a jednoho pro tah. Tato centrální oblast zahrnuje tenké a volně uspořádané trabekuly. S přibývajícím věkem

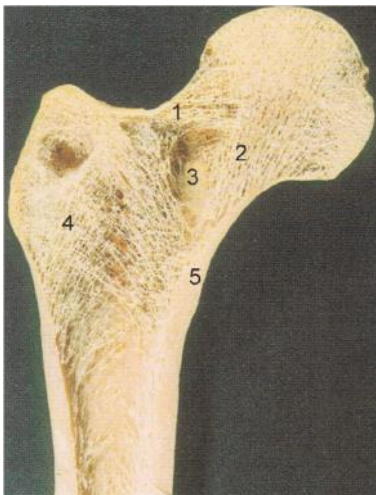
dochází k ontogenetickým změnám trabekulárních svazků. Při normálním stavu kostní denzity jsou tahové a tlakové sítě trabekul navzájem propojeny a vrchní část stehenní kosti je kompletně vyplněna spongiózou. Wardův trojúhelník není v normálním stavu vymezen. Při osteopenii (prořídnutí kostní tkáně) již není Wardův trojúhelník zcela vyplněn a výrazně se objevuje s postupnou resorpcí směrem ven od středu kosti. Mimoto je Wardův trojúhelník oblastí počátečního úbytku kostní hmoty s nejnižší denzitou v krčku stehenní kosti, což je viditelné již na standardním rentgenovém snímku při signifikantní ztrátě kostní hmoty (Cardadeiro, Baptista, Zymbal, Rodrigues, & Sardinha, 2010).

**Obrázek 1.** Proximální femur (Bartoníček & Heřt, 2004)



pozn.: 1 – caput femoris, 2 – collum femoris, 3 – trochanter major, 4 – tuberculum innominatum, 5 – linea intertrochanterica.

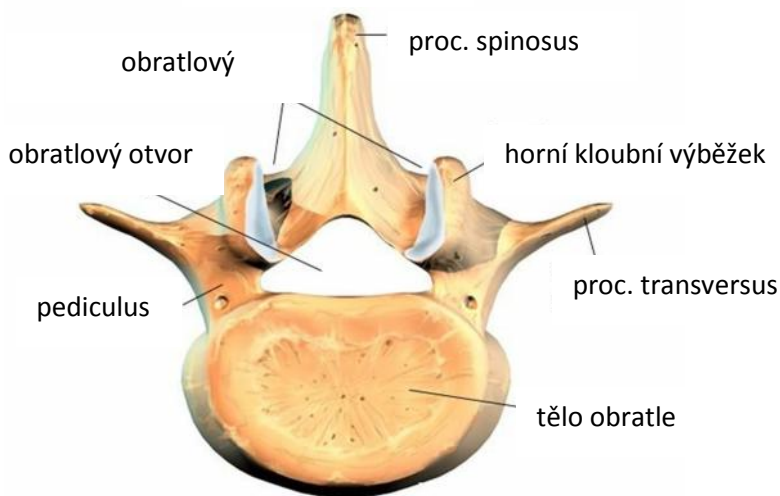
**Obrázek 2.** Struktura řezu proximálního femuru s uspořádáním trabekul (Bartoníček & Heřt, 2004)



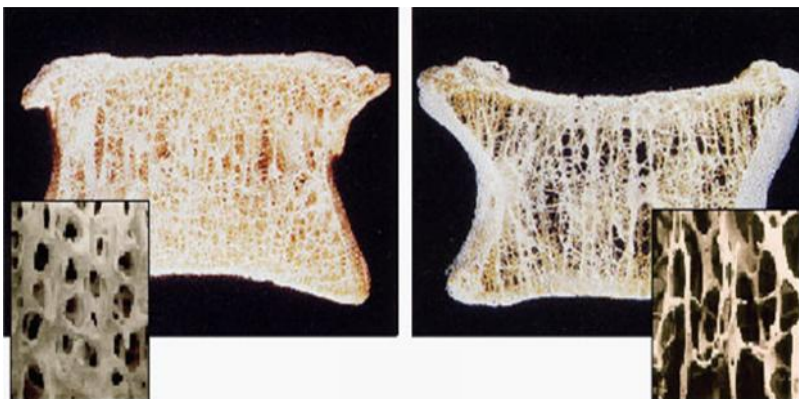
pozn.: 1 – laterální systém spongiózních trámců, 2 – mediální systém spongiózních trámců, 3 – Wardův trojúhelník, 4 – spongiózní trámce velkého trochanteru, 5 – Adamsův oblouk

Nejen proximální femur vykazuje značnou variabilitu, ale i obratle páteře (obrázek 3) mají specifickou strukturu (vyšší zastoupení trabekulární kosti než kortikální). Podle studie (Reeve, et al., 1999) dochází právě u páteře k nejrychlejším úbytkům kostní denzity v první dekádě po menopauze (až 13 %) oproti proximálnímu femuru (6,5 %). V obratlích činí zastoupení trabekulární kosti 70 až 90 %, v krčku kosti stehenní jen 25 % (Broulík, 1999).

**Obrázek 3.** Charakteristika bederního obratle (upraveno dle [www.studyblue.com](http://www.studyblue.com))



**Obrázek 4.** Srovnání obratlů s normální denzitou a správnou kalcifikací trabekul (vlevo) a osteoporotického obratle s úbytkem trabekul (vpravo) (upraveno dle [www.eurospine.org](http://www.eurospine.org))

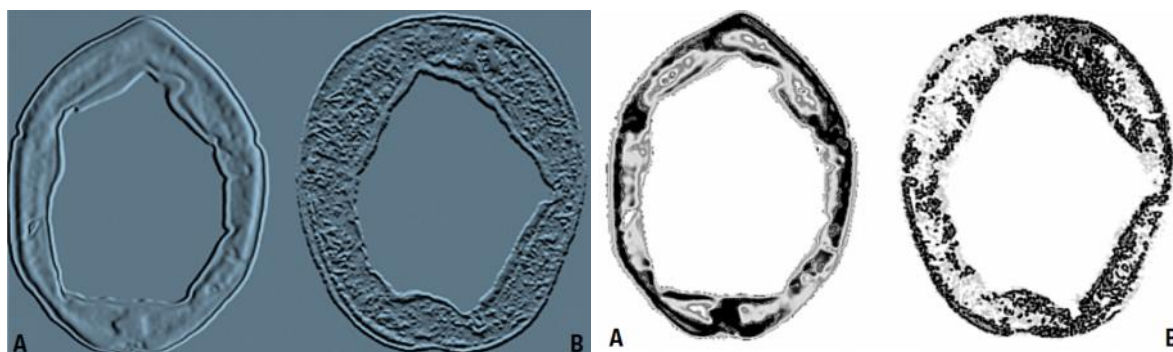


Odlišnou strukturu kosti vykazuje i diploe lebky. Oblast lebečních kostí (neurocrania) je ovlivněna aktivitou svalové soustavy minimálně a téměř na ní nepůsobí žádný mechanický stres. Tento typ kosti vykazuje po celou dobu života z celotělového měření nejvyšší densitu. Kingsmill a Boyde (1999) tento jev vysvětluje z evolučního hlediska. Existují důkazy, že kosti dermálního původu (většina kostí lebky) mají odlišné vlastnosti (reakce na mechanický stres, vyšší densita) na rozdíl od kostí chrupavčitého původu (zbytek endoskeletu). Kostra lebky je tvořena vnitřní a vnější vrstvou lamelární kosti, která uzavírá spongiózní kost, známou jako diploe. Spongiózní kost – diploe je v normálním stavu porézní a má nižší densitu než lamelární kompakta.

U lebky mladých jedinců je oblast diploe homogenní, struktura je převážně hladká a ohraničená naopak u lebky starších jedinců je diploe méně homogenní a ve struktuře se objevují shluky kostní hmoty (Motherway, Verschueren, Van der Perre, Vander Sloten, & Gilchrist, 2009).

Nejvyšší densita kostní hmoty u lebky bývá pozorována v okrajových částech diploe pouze mladých jedinců. Lebky starších jedinců vykazují zvýšenou pórovitost diploe, především blíže k povrchu (obrázek 5). Při vyloučení lebky z densitometrického měření dostáváme lepší prediktivní hodnoty rizika zlomenin (Turner, Maillet, Mallinckrodt, & Cordain, 1997).

**Obrázek 5.** Porovnání lebky mladých (A) a starších jedinců (B) pomocí CT vyšetření (Skrzat, Brzegowy, Walocha, & Wojciechowski, 2004)



### 2.3 Biomechanika kosti

Kost je běžně vystavena gravitační síle (weight-bearing), svalové síle a popřípadě síle vnějšího prostředí. Mechanickou odolnost tkání proti mechanickému zatížení můžeme charakterizovat základními vlastnostmi jako je pevnost, tvrdost, tuhost, pružnost (elasticita). Tyto a jiné charakteristiky mohou pomoci lépe porozumět tomu, jak se tkáň chová při různém mechanickém zatížení. Z mechanického hlediska se řadí kostní tkáň mezi viskoelastický a anizotropní materiál. To znamená, že elastické vlastnosti kosti jsou závislé na orientaci kostní struktury. Kostní tkáň je tedy citlivá na směr zatížení a její vlastnosti se liší v závislosti na směru působícího zatížení (Khan, et al., 2001). Tkáň může být namáhána *v tahu, v tlaku, v ohybu, ve smyku, v krutu* apod. Uvádí se, že kosti jsou až desetkrát odolnější proti působení zátěže ve směru podélné osy (tah, tlak) než při zatížení ve směru radiálním či tangenciálním (Janura, 2003). Kost stehenní dospělého člověka snese ve směru podélné osy statické zatížení přibližně 750 kilogramů (cca 180 MPa), nejpevnější je v tomto směru kost holenní, která je schopna v tlaku odolat až 1350 kilogramům. Pevnost dlouhých kostí vůči ohybovému zatížení je ve srovnání s těmito hodnotami přibližně poloviční. Nejméně odolné jsou dlouhé kosti proti torzním silám, kost lýtková praská už při torzním zatížení 6 kilogramů. Maximální mez pevnosti lebečních kostí při tlakovém zatížení se udává kolem 650 kilogramů (Čihák, 2001). Pevnost kosti klesá ve stáří asi o 10–20 %. Kost kortikální odolává mechanickému napětí 100–200 MPa (tj. zatížení hmotností asi 10–20 kg na 1 mm<sup>2</sup>), kost spongiózní pouze 8–50 MPa. Kortikální kost se může protáhnout o 1–3 %, kost spongiózní o 2–4% (Čihák, 2001).

Změny mechanických vlastností kostí v průběhu ontogeneze člověka souvisí s celkovým nárůstem kostní denzity v období dětství a dospívání a kvantitativními i kvalitativními změnami organické a anorganické složky kostní tkáň v průběhu ontogeneze. Dětské kosti obsahují menší podíl anorganických látek než kosti dospělého člověka. Jsou měkčí a snadněji podléhají deformaci, ale také jsou mnohem pružnější a odolnější proti nárazům. Spíše než zlomením reagují na zatížení svou deformací. S přibývajícím věkem se obecně zvyšuje mineralizace kostní tkáň a kosti se stávají tužšími a křehčími (Currey, 2002).

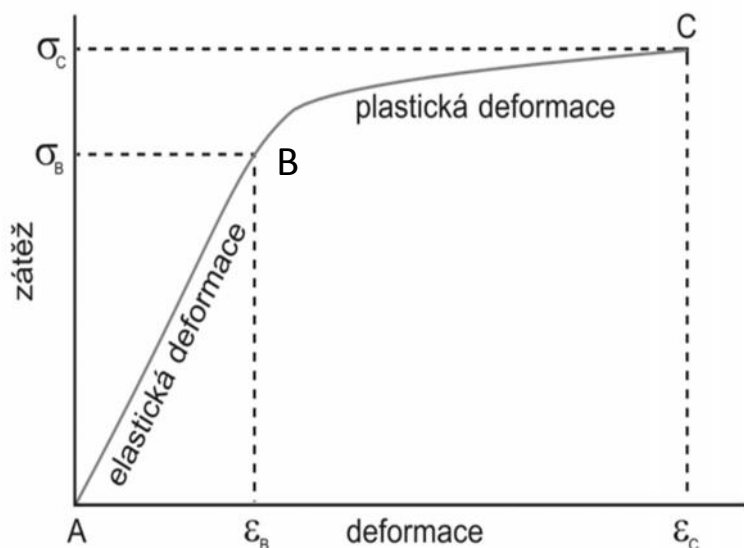
Po dosažení dospělosti dochází k postupnému snižování meze pevnosti kosti, tedy síly potřebné k jejímu zlomení. Pokles hodnoty meze pevnosti dosahuje v průměru 5–10 %. Míra, se kterou stárnutí ovlivňuje mechanické vlastnosti kosti, je dána z velké části rychlostí,

s jakou probíhá její remodelace. Ke stárnutí kosti dochází zejména na úrovni osteonů. Ty se po svém vytvoření v důsledku mechanického namáhání opotřebovávají, dochází hlavně k poškození kolagenních řetězců a postupně mineralizují, což se projeví změnami jejich mechanických vlastností a poklesem jejich odolnosti. Při dostatečné úrovni remodelace jsou stárnoucí osteony včas nahrazeny osteony novými (Khan, et al., 2001)

S vysokými hodnotami pevnosti kosti je v rozporu skutečnost, že se kost za živa poměrně snadno zlomí, i při zdánlivě malém nárazu. Roli tu hraje zejména rychlost pohybu, s jejíž dvojnásobnou stoupá dynamické zatížení kosti jako účinek nárazu působícího zlomeninu (Khan, et al., 2001).

Pružnost kosti závisí pouze na vlastnostech biomateriálu, nikoli na jeho rozměrech. Důležitými bodem (obrázek 6) při zvyšujícím se napětí je mez pružnosti (B). Je to hranice, po jejímž překročení se již tkáň po odeznění zátěže nevrátí do původního stavu, tzn., přestává být elastická a stává se plastickou. Další hranicí je mez pevnosti (C), která je vždy vyšší než mez pružnosti. Při překročení této hranice již dochází k porušení soudržnosti tkáně, podle směru zatížení k drcení nebo přetržení (Janura, 2003).

**Obrázek 6.** Vztah mezi velikostí zatížení tahem a deformací kosti - převzato od (Janura, 2003)





## 2.4 Kostní matrix a minerály

Kost je tvořena z 20–25 % organickou základní vrstvou tzv. matrix, z 65–70 % anorganickou částí tvořenou kostními minerály a z 5–10 % vodou (Khan, et al., 2001). Organická kostní matrix obsahuje kostní buňky a bílkoviny, zejména kolagen typu I (90 %), 8 % matrix je tvořena nekolagenními bílkoviny (osteokalcin, osteopontin, osteonektin a sialoprotein) a zbylé 2 % zaujímají kostní buňky osteoblasty, osteocyty a osteoklasty (Broulík, 2009; Fassbender, Godde, Brandenburg, Usadel, & Stumpf, 2009; Khan, et al., 2001).

Molekuly kolagenu se paralelně sestavují a vytvářejí fibrily. Kolagenní vlákna při svém průběhu vytvářejí prostorovou síť, která integruje celý růstový konec kosti, a významným způsobem se tak podílí na jeho mechanické pevnosti. Během stárnutí ale dochází mimo jiné ke snížení metabolismu bílkovin a s tím spojenému úbytku kolagenových fibril, do kterých se ukládá vápník. Především u rozvinuté osteoporózy se poté nemá vápník kam ukládat a snižuje se celková denzita kosti (Jeffery, Blunn, Archer, & Bentley, 1991).

Anorganická kostní hmota je tvořena hlavně krystaly hydroxyapatitu složených převážně z vápníku a fosforu. Homeostáza vápníku je udržována interakcí mezi střevem, ledvinami a kostrou. V našem kulturním pásmu činí potřebný denní příjem vápníku asi 900 mg. Toto množství kolísá v závislosti na věku a fyziologickém stavu. Signifikantně více kalcia je zapotřebí v adolescenci, v těhotenství a době laktace. Ve věku nad 45 let je potřeba kalcia opět vyšší, aby vyrovnala jeho ztrátu způsobenou zvýšenou kostní resorpcí (Ganong, 2005). Vápník v kortikální kosti zaujímá 80–90 %, ale jenom 15–25 % v kosti trabekulární.

Ganong (2005) také tvrdí, že denní dávka v běžné potravě dosahuje pouze 450 mg. Tato kalciová deficiencie během růstu negativně ovlivní dosažení fyziologického vrcholu kostní hmoty, a může mít vliv na osteoporózu v budoucnu. Tělo dospělého člověka obsahuje přibližně 1 100 g vápníku. Vápník je v lidském těle uložen z 99 % v kostře a z 1 % je součástí vnitřního prostředí (Cashman, 2002). Je-li zapotřebí uvolnit ionty kalcia do oběhu k udržení kardiovaskulárních a nervových funkcí, je kalcium mobilizováno právě z kostí (Taylor & Bushinsky, 2009).

Požité kalcium se vstřebává z 30–80 %. Aktivní transport  $\text{Ca}^{2+}$  ze střevního lumen probíhá především v horní části tenkého střeva, část těchto iontů se však rovněž resorbuje pasivní difúzí. Aktivní transport vápníku je facilitován kalcitriolem – vitamínem D (Perez, et

al., 2008). U bělochů stačí denní 15minutová expozice rukou a obličeje k vytvoření dostatečného množství vitamínu D<sub>3</sub>, lidé s tmavou pletí potřebují expozici delší (Ganong, 2005).

Specializované kostní buňky regulují metabolismus kosti tím, že reagují na různé signály vnějšího prostředí, zahrnující podněty chemické, mechanické, elektrické a magnetické.

*Osteoblasty* jsou buňky produkující nemineralizovanou kostní matrix (osteoid), která je postupně mineralizována. Dále produkují alkalickou fosfatázu, jejíž množství v séru je markerem kostní formace. Membrána osteoblastů je citlivá na parathyroidní hormon, estrogen resp. gonádní hormony, 1,25-dihydroxyvitamin D, růstový hormon a glukokortikoidy. Postupem času se z osteoblastů stávají bone lining cells (kost lemující buňky) nebo osteocyty. Osteoblasty vytváří pouze 5 % povrchu dospělé kosti.

*Osteocyty* jsou považovány za mateřské kostní buňky uloženy hluboko v kosti mezi kostními dutinami nazývaných lakuny. Osteocyty jsou navzájem propojeny výběžky svých buněčných těl a také komunikují s osteoblasty na povrchu endostu či periostu.

*Osteoklasty* jsou buňky zodpovědné za kostní resorpci resp. za odstraňování staré kosti. Během procesu resorpce narušují osteoklasty pomocí produkce kyselých fosfatáz mineralizovanou kostní hmotu a vytváří dutiny (Howshipovy lakuny).

## 2.5 Proces remodelace kosti

Kostru člověka tvoří asi 208–214 volně či pevně spojených kostí, které poskytují celému tělu pevnou, ale pohyblivou oporu. Každá kost neustále prochází procesem modelování v průběhu života, aby se mohla přizpůsobit měnícím se biomechanickým silám. U každé kosti se uplatňuje také proces remodelace sloužící k odstranění starých mikropoškození kosti, které nahradí novou, mechanicky silnější kostí při zachování její pevnosti (Clarke & Khosla, 2009; Hazenberg, et al., 2009; Knight & Nigam, 2008). Každá pohybová aktivita jako chůze, běh, skok generuje sílu působící na kost. Způsob, kterým kost odpovídá zatížení, se nazývá mechanotransdukce. Proces mechanotransdukce závisí na odpovědi komplexu osteocyt–bone lining cell, který registruje každé zatížení kosti (Khan, et al., 2001).

Kostní remodelace je proces, který neustále podstupuje zralá trabekulární a kortikální kost a který s větší nebo menší intenzitou probíhá po celý život. Kostní remodelace je

rozhodující pro udržení správné stability skeletu. Tento proces zahrnuje dva hlavní kroky: *resorpce již existující kosti osteoklasty a formace nové kosti osteoblasty*. Během procesu remodelace dochází k navýšení kolagenových fibril a zvýšení mineralizace povrchu kosti. K této reakci dochází 3–5 krát denně jako odpověď na zatěžování kosti. Dalších 5–12 dnů je zvýšená míra formace nové kosti.

Vedle řady hormonů, mezi nimi hlavně hormonů kalcitropních (parathormon, kalcitriol, kalcitonin), známe některé faktory podněcující kostní resorpci. Jde o interleukiny, transformující růstový faktor  $\beta$  (TGF  $\beta$ ), prostaglandin  $E_2$  a další. Např. tvorba interleukinu 6 je inhibována estrogyeny a androgeny. Při nedostatku estrogenů a androgenů se vlivem zvýšené tvorby interleukinu 6 zvyšuje počet osteoklastů a vzrůstá i jejich funkce. Tímto mechanismem se vysvětluje aktivace osteoresorpce po menopauze nebo po vynechání hormonální substituční terapie (Masopust & Průša, 2003).

Dungl, et al. (2005) uvádí, že snížené zatížení kosti vede k atrofii kostní tkáně z inaktivity s patrným snížením kostní denzity. Atrofie z inaktivity je obvyklý symptom nejen v částech skeletu postižených obrnou, ale vzniká i při dlouhodobém znehybnění sádrovým obvazem nebo ortézou.

Everts, et al. (2002) uvádí, že remodelaci kosti podporuje parathormon, thyroxin, růstový hormon a 1,25-dihydroxyvitamin D; je naopak snižována kalcitoninem a glukokortikoidy.

Poruchy vyváženosti mezi účinkem osteoblastů a osteoklastů při remodelaci skeletu mohou vést na jedné straně k osteoporóze na druhé k osteopetróze.

Regulace metabolismu vápníku a fosforu záleží na jemné souhře funkce několika endokrinních orgánů, které zahrnují kůži, ledviny, játra, příštítná tělíska, gonády, nadledvinky, štítnou žlázu a primárně se na ní podílí řada hormonů (Taylor & Bushinsky, 2009).

### Estrogeny

Vztah mezi snížením produkce estrogenu a zvýšenou ztrátou kosti, zvýšeném riziku fraktury a postmenopauzálními změnami postavy je všeobecně známý. Po ovarektomii či po menopauze klesá hladina estrogenu až o 80 %. Je známo, že obezita chrání proti ztrátě kosti tím, že prekuzory metabolitu estrogenu jsou skladovány v tukové tkáni a jsou uvolňovány do cirkulace, např. po ovarektomii.

Hormonální substituční terapie estrogenem brzdí úbytek kosti v prvních postmenopauzálních letech a snižuje riziko fraktury apendikulárního skeletu. Ukazuje se, že terapie by měla být zahájena do 5 let od menopauzy, aby byla účinná v prevenci zlomenin. Terapie však není bez rizika, může být provázena zvýšeným výskytem cerebrovaskulárních příhod, retencí tekutin, chorobami žlučníku, zvýšené je riziko vzniku rakoviny prsu a endometriálního karcinomu.

### Androgeny

Přesná role androgenních hormonů v metabolismu kostí není zcela známa, ale předpokládá se podobný vliv jako u estrogenu, na osteoblastech byly identifikovány androgenní receptory. Mladí muži s hypogonadismem mají sníženou hustotu kortikální i trabekulární kosti, opožděná puberta může být rovněž spojena s osteopenií (Ganong, 2005). Jejich role v metabolismu kostní tkáně se zvyšuje na úkor estrogenové deficiencie (Tok, et al., 2004). Mezi další hormony působící na kostní tkáň uvádím pouze parathormon a kalcitonin.

### Parathormon (PTH)

Parathormon je produkován čtyřmi příštítnými žlázkami, cílové orgány jsou střevo, ledviny a kostra. Syntéza PTH je aktivována poklesem sérové hladiny kalcia, receptory jsou uloženy na povrchu paratyreoidních buněk. Zvýšená hladina vápníku má na produkci inhibiční vliv. PTH se váže na receptory osteoblastů a stimuluje přestavbu kosti, dává osteoklastům signál k resorpci kosti, stimulací osteoblastů spouští kostní remodelaci.

### Kalcitonin

Kalcitonin je produkován parafolikulárními buňkami štítné žlázy. Bylo klinicky zjištěno, že např. hladina kalcitoninu stoupá při vzestupu estrogenů, tedy fyziologicky především za gravidity a uměle například při hormonální substituční léčbě po menopauze. Lze se domnívat, že jde o fylogeneticky starý mechanismus sloužící k ochraně skeletu matky a tvorbě skeletu plodu. Kalcitonin také podporuje aktivitu osteoblastů a tedy i tvorbu kosti (Foster, 1968; Srivastava, Libanati, Hohmann, Kriegman, & Baylink, 2004). Kalcitonin sice zvyšuje kostní hmotu jen nepatrně, ale při 5letém podávání se zjistilo snížení rizika fraktur obratlů o 36 % (Blahoš, 2003).

## 2.6 Stárnutí

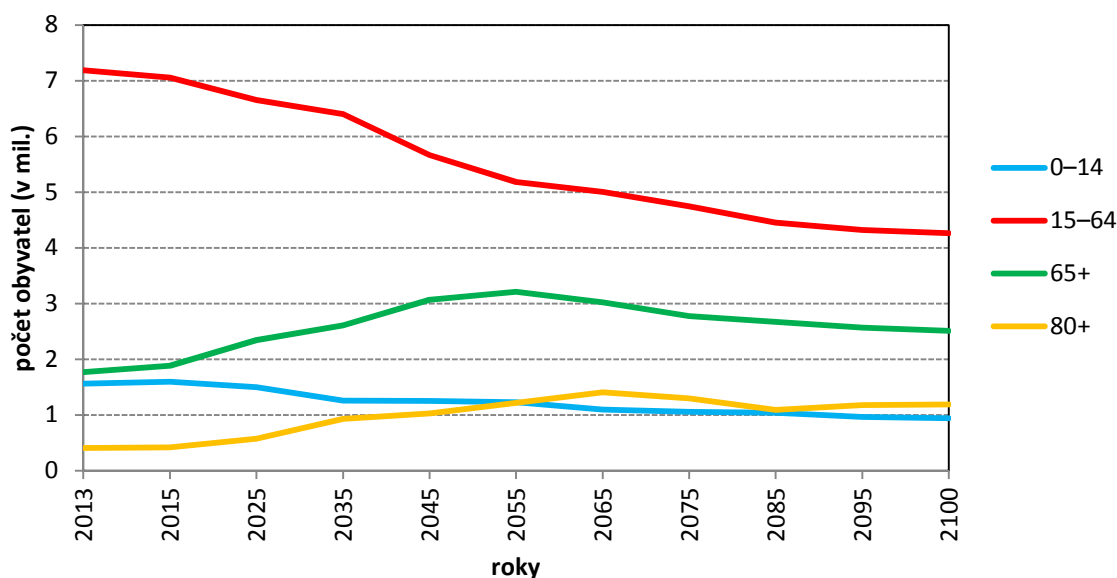
Stáří je nevyhnutelnou perspektivou každého živého organismu. Struktura společnosti se výrazně mění. Starých a velmi starých lidí v lékařských ordinacích významně přibývá a tento trend bude následovat. Hovoří se o geriatrizaci medicíny v procesu stárnutí populace. Výsledkem stárnutí je stáří (*senium*). Jeho obvyklý obraz, fenotyp, je dán kombinací involučních změn s kondicí a s projevy chorob, zvláště těch, jejichž prevalence je věkově podmíněná (Kalvach, et al., 2004). Od konce 20. století se do popředí zájmu dostává problematika zdravého (úspěšného) stárnutí, která se podle Rowe a Kahn (1997) opírá o tři základní pilíře: eliminace rozvoje chronických onemocnění a přidružených komplikací, zajištění vysoké úrovně kognitivních a tělesných funkcí a aktivní životní styl. Zdravé stárnutí je definováno jako proces maximálního využití všech příležitostí k fyzickému, sociálnímu a duševnímu zdraví a tak umožnit starším lidem aktivně bez diskriminace se účastnit společenského života a mít nezávislý a kvalitní život (The Swedish National Institute of Public Health, 2007). Mezi hlavní faktory ovlivňující přirozený průběh stárnutí patří genetická dispozice jedince a vlivy vnějšího prostředí, k nimž se u člověka řadí i jeho životní styl, který ve své podstatě představuje stěžejní determinantu zdraví. Právě zdravý způsob života je předpokladem optimální kvality kostní tkáně ve vyšším věku. Naopak preference sedavého životního stylu a špatné stravovací návyky významně podporují rozvoj osteoporózy a ve svém důsledku zvyšují riziko fraktury proximálního femuru a obratlových těl páteře (Klán & Topinková, 2003). V českém prostředí však postrádáme dostatečné množství relevantních informací popisující stav kostní tkáně především v oblasti proximálního femuru a lumbální páteře u žen s rozdílným tělesným složením a odlišnou úrovní pohybové aktivity. Kvalita kostní tkáně ve vyšším věku se odvíjí od spolupůsobení faktorů vztahujících se především k životnímu stylu jedince.

Osteoporóza a zlomeniny obratlových těl či proximálního femuru patří mezi závažné diagnózy, které přinášejí pro nemocného velké zatížení a riziko rozvoje dalších zdravotních komplikací. Navíc zlomeniny krčku proximálního femuru jsou spojovány s vysokou mortalitou, neboť do jednoho roku umírá až jedna pětina všech pacientů (Center, Nguyen, Schneider, Sambrook, & Eisman, 1999). Podle odhadů může být v České republice postiženo tímto typem zlomeniny každoročně až patnáct tisíc lidí (Kalvach, et al., 2004). Nejrizikovější skupinu představují starší ženy, a to především ty, u kterých jsou současně pozorovány

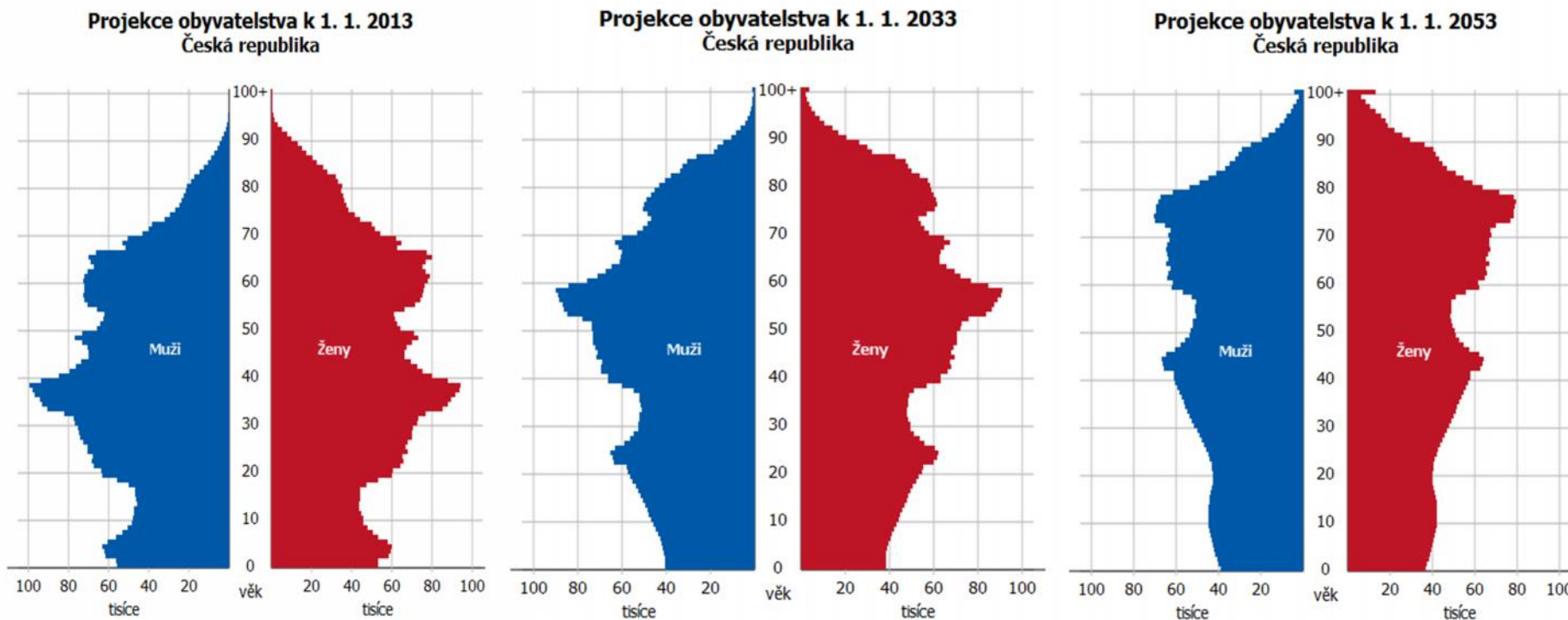
projevy osteoporózy (např. ženy po menopauze) a poruchy mobility (Waanders, Janssen, Miller, Mann, & Verdonshot, 2009).

Z obrázku 7 a obrázek 8 jednoznačně vyplývá zvyšující se podíl stárnoucí populace především do roku 2060 a dlouhodobě se snižující podíl ekonomicky aktivní populace s výrazným poklesem po roce 2035. Počet nově narozených jedinců bude neustále klesat s tím, že okolo roku 2055 by mělo dojít k poklesu pod křivku, která znázorňuje počet 80letých jedinců (obrázek 7). Na obrázku 8 je uveden věkový podíl mužů i žen v České republice v prognóze do roku 2053. Stárnoucí trend je viditelný jak u ženské tak u mužské populace.

**Obrázek 7.** Očekávaný vývoj počtu obyvatel podle hlavních věkových skupin do roku 2100 (střední varianta projekce)



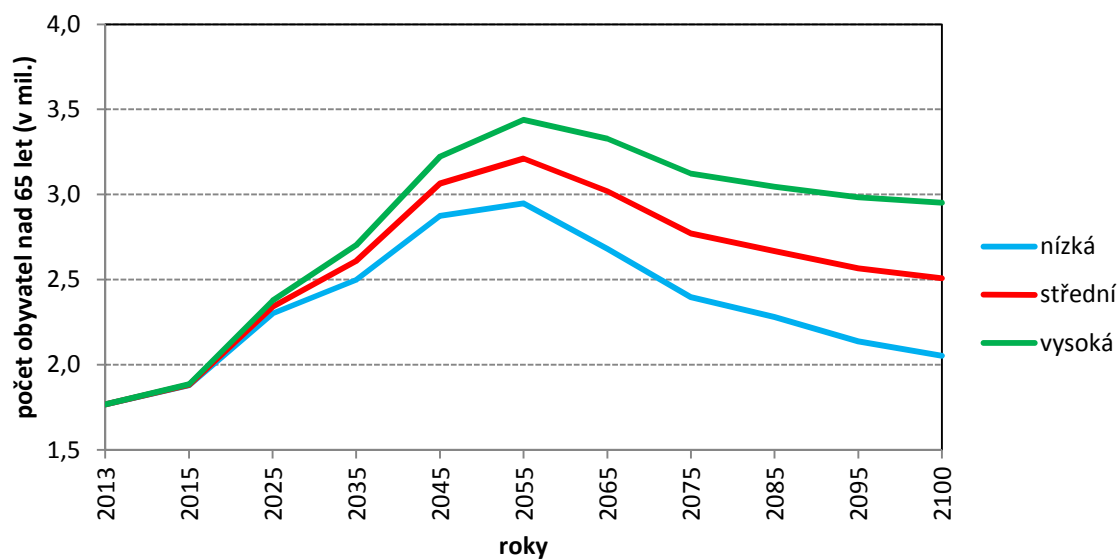
*poznámka:* převzato a upraveno dle Českého statistického úřadu, Projekce obyvatelstva České republiky (Projekce 2013)

**Obrázek 8. Věkový podíl populace v projekci ČSÚ (2013)**

*poznámka:* převzato z Českého statistického úřadu, Projekce obyvatelstva České republiky (Projekce 2013)

Zvyšující se podíl stárnoucí populace nad dětskou znamená negativní trend, který v ČR převažuje od roku 2006. Nynější zastoupení populace nad 65 let v ČR je 15,5 % (obrázek 10). Do roku 2057 se očekává až 31,3 %, což znamená, že jejich absolutní počet vzroste skoro dvojnásobně, tedy z dnešních 1,7 mil. (obrázek 9), na 3,2 mil. (ČSÚ, 2013). Na významu přitom budou nabývat zejména nejstarší věkové skupiny (65+ a 80+), kdy v roce 2055 podle současného předpokladu překoná kategorie 80+ populační křivku nejmladší kategorie (0–14). Z projekce obyvatelstva Českého statistického úřadu (2013) dále vyplývá, že průměrný věk populace ČR činil k 1. 1. 2013 celkem 41,3 let. Střední varianta zaznamenává ke konci 21. století průměrný věk populace ČR na úrovni 49,8 let (muži 47,8 a ženy 50,2 let). Základním rysem vývoje obyvatelstva České republiky v nadcházejících desetiletích tak bude jednoznačně progresivní stárnutí. Relativní zastoupení seniorů v populaci se zvýší z dnešní jedné šestiny až na jednu třetinu. Nejrychleji bude přibývat osob v nejvyšším věku, počet osob ve věku nad 80 let se podle střední varianty do roku 2065 zvýší na 3,5 násobek.

**Obrázek 9.** Jednotlivé varianty vývoje počtu osob starších 65 let



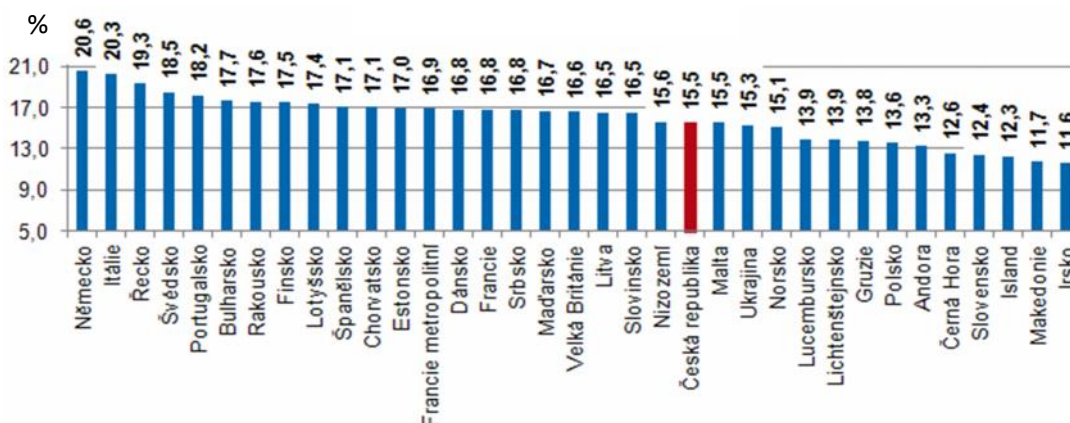
*poznámka:* převzato z Českého statistického úřadu, Projekce obyvatelstva České republiky (Projekce 2013)

Populace členských zemí Evropské unie má rozličnou věkovou strukturu. Česká republika se dosud nachází mezi zeměmi, jejichž populace je relativně mladá. Poměrně nejvíce seniorů žije v současné době v Německu (20,6 %), dále v Itálii, Řecku, Švédsku a Portugalsku (obrázek 10). Celkem žije v Evropské unii po jejím rozšíření přes půl miliardy



obyvatel, z toho 16 % seniorů. Otázky zdraví a nemoci ve stáří tak budou stále důležitější, protože zlepšení zdravotního stavu populace seniorů je jednou z mála cest jak je možno limitovat náklady na zdravotní a sociální péči.

**Obrázek 10.** Procentuální zastoupení populace ve věku 65 a více let v jednotlivých státech Evropy v roce 2011



*poznámka:* převzato z Českého statistického úřadu, průřezové statistiky - seniři

V průběhu procesu stárnutí se přirozeně objevují také změny v tělesném složení a jsou spojeny se zdravím jedince a funkční nezávislostí starších osob. Pokles svalové hmoty, k němuž dochází při procesu stárnutí, může vést ke snížení pohybové aktivity a následnému hromadění tuku v těle (Woodrow, 2009). Podle Dinga, et al. (2007) je s přibývajícím věkem spojen pokles tukuprosté hmoty a zvýšení tukové hmoty, který má sklon k poklesu až ve vyšších věkových kategoriích. Fantin, et al. (2007) v longitudinální studii dospěli k závěru, že ztráta tukuprosté hmoty zvyšuje riziko inaktivity seniorů, a proto je prevence hlavním nástrojem ke snížení tohoto rizika. Ověřování a monitorování změn v tělesném složení mohou pomoci při zlepšování zdraví. Měření tělesného složení je důležitým nástrojem právě při hodnocení nutričního stavu starších osob. Pomáhá při posuzování stavu podváhy a obezity, neboť obě situace se řadí mezi důležité rizikové faktory těžkých onemocnění a invalidity seniorů. (Jensen & Rogers, 1998; Visser, et al., 1998). Rowe a Kahn (2000) definují úspěšné stárnutí jako zachování fyzických a kognitivních funkcí a mezilidských vztahů.

Programy pro zlepšení zdraví podporují u seniorů aktivní a nezávislé stárnutí, jež má pozitivní vliv na kvalitu života (Alexandre Tda, Cordeiro, & Ramos, 2009). Medicína se s problémem stáří vyrovnala po svém. Dnes již víme, jaký způsob života mají staří lidé vést, co mají jíst, co pít a jak mají cvičit, zkrátka jakou mají zachovávat životosprávu. Také jednou

z možností jak dát stárnutí smysl resp. pozitivní charakter, je studium, jehož popularita neustále stoupá. Jedním z prostředků vzdělávání seniorů je Univerzita třetího věku (U3V). Prioritou Univerzity třetího věku je rozvinout zájem seniorů o nové poznatky. U3V připravuje nejrůznější edukační aktivity pro seniory – od klasických forem informálního vzdělávání, až přes animační a aktivizační aktivity a programy zaměřené na zdravý životní styl ve vyšším věku. Absolventi jsou seznámeni s nemocemi typickými pro seniorský věk a edukováni o nutnosti zařazení pohybových aktivit do jejich života. Tím, že jsme v této práci spolupracovali s posluchači Univerzity třetího věku, lze předpokládat, že tito senioři mají zájem o aktivní prožití stáří a jsou přístupni edukaci.

### **2.6.1 Stárnutí a změny v tělesném složení**

Pochopení rozsahu změn v tělesném složení a faktorů s nimi spojených souvisejících se stárnutím u zdravých dospělých jedinců pomáhá zlepšovat naše znalosti v chápání biologických procesů, slouží jako prevence funkčních omezení a napomáhá v řízení zdravotního stavu ve stáří. Četné studie (Gába & Přidalová, 2014; Kyle, Morabia, Schutz, & Pichard, 2004) prokázaly s věkem související nárůst tělesné hmotnosti, tělesného tuku a naopak snížení tukuprosté hmoty/štíhlé tělesné hmoty. Tyto změny rovněž souvisejí se snížením pohybové aktivity během stárnutí, jak uvádí mnoho průřezových studií (Gába, 2011; Heymsfield, Lohman, Wang, & Going, 2005; Tudor-Locke, et al., 2001). U žen jsou výše zmíněné změny pozorovány především po menopauze.

Tělesná hmotnost se sestává z tukové hmoty, štíhlé tělesné hmoty a kostní denzity. Změny v tělesných frakcích nejsou dostatečně pozorovány, pokud je sledována pouze tělesná hmotnost nebo BMI, proto je důležité sledovat změny na úrovni jednotlivých frakcí. V této kapitole není hodnocen vliv tělesného složení na kostní denzitu (viz kapitola 2.10).

#### **2.6.1.1 Tělesný tuk**

Tělesný tuk (*body fat mass; BFM*) je nejvariabilnější komponentou lidského těla. Utváří 6–60 % tělesné hmotnosti a mění se s věkem. U novorozenech dětí zaujímá 10–15 % tělesné hmotnosti. Již v 5 letech lze zaznamenat 2% rozdíl v zastoupení tukové frakce mezi pohlavím (S. Heymsfield, et al., 2005). V období dětství a dospívání (9–20 let) vzrůstá tuková frakce u dívek z 20 % na 26 %. Naopak u chlapců vzhledem k výraznému nárůstu tukuprosté hmoty se tuková frakce snižuje ze 17 % na 13 % (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

S přibývajícím věkem postupně tuková hmota u obou pohlaví narůstá. Míra nárůstu závisí především na pohlaví. Změny spojené s tukovou frakcí jsou zejména ovlivněny snižující se pohybovou aktivitou a menopauzou u žen. Nárůst tukové složky (jak v absolutním tak procentuálním vyjádření) je u postmenopauzálních žen zřejmý například ze studie českých žen (Gába & Přidalová, 2014). Podle Kyle et al. (2001) dochází ke strmému nárůstu tukové složky především u žen po menopauze do 75. roku. Poté se nárůst zpomaluje a v nejstarších věkových kategoriích sledujeme i mírný pokles hodnot. Heymsfield, et al. (2005) také uvádí nárůst tukové frakce u žen o 0,52 kg za rok ve věkovém rozmezí 45–65 let (0,32 kg/rok u mužů) s vrcholem v 60. roce a následným poklesem.

Bouchard, Choquette, Dionne a Brochu (2011) rozdělují podkožní tuk na tuk, který se ukládá spíše u mužů v oblasti trupu jako *androidní* a tuk, který se ukládá spíše u žen v oblasti hýždí a stehen jako *gynoidní*. Heymsfield, et al. (2005) zdůrazňuje rizika androidního tuku, který je spojen s řadou metabolických onemocnění, hypertenzí, inzulinovou rezistencí, nižší pohybovou aktivitou, kouřením, závislostí na alkoholu a depresemi. Metabolická onemocnění jsou však více spjata s množstvím intraabdominálního (viscerálního) tuku než s podkožním tukem.

**Tabulka 1.** Optimální zastoupení procentuálního zastoupení tělesného tuku u žen podle věkových kategorií

zdravotní riziko/roky	Heyward a Wagner		Gallagher, et al.		Kyle a Schutz et al.	
	35–55	> 55	40–59	60–79	40–59	60–79
nízké	25 %	25 %	-	-	-	-
optimální	32 %	30 %	23 %	25 %	22,1 %	24,6 %
vysoké	38 %	35 %	35 %	38 %	32,5 %	34,9 %
obezita	> 38 %	> 35 %	> 41 %	> 43 %	> 39,1 %	> 40,4 %

*poznámka:* klasifikace dle Heyward a Wagner (2004); Gallagher, et al. (2000); Kyle, Schutz, Dupertuis a Pichard (2003)

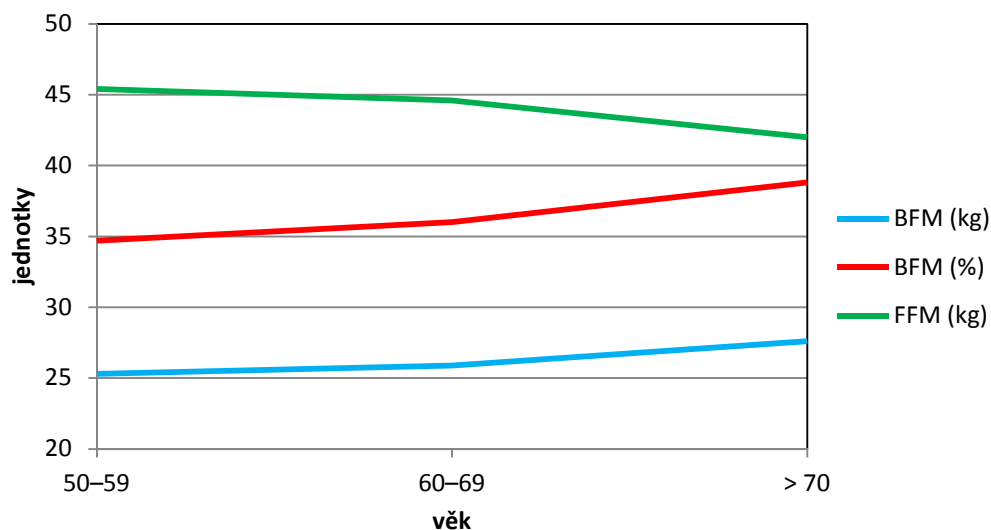
### 2.6.1.2 Tukuprostá hmota/štíhlá tělesná hmota

Tukuprostá hmota je na molekulární úrovni tvořena vodou, proteiny, kostními, mimokostními minerály a glykogenem. Na úrovni tkáňového modelu mluvíme o všech typech svalstva, orgánech, pojivové tkáni a kostech. Gallagher, et al. (2000) uvádí, že během dospělosti dochází k nárůstu tukuprosté hmoty (*fat-free mass; FFM*), naopak během senescence tukuprosté hmoty ubývá. Sexuální rozdíly jsou patrné ve 13 letech, kdy u chlapců dochází k většímu rozvoji svalstva a kostní hmoty než u dívek. Pokles tukuprosté hmoty pod

40 % tělesné hmotnosti je často letální. U souboru českých žen (Gába & Přidalová, 2014) je nejvyšší zastoupení tukuprosté hmoty pozorováno u kategorie 40–49 let, poté (v období po menopauze) dochází k jejímu postupnému poklesu. Podle Heymsfielda, et al. (2005) ubývá kosterního svalstva po 40. roku věku, kdy u mužů je úbytek rychlejší než u žen s akcelerací ve vyšším věku. Součástí tukuprosté hmoty je štíhlá tělesná hmota (*lean body mass; LBM*), kterou získáme tak, že z tukuprosté hmoty odstraníme celkový kostní minerál (*bone mineral content; BMC*). S úbytkem FFM souvisí i úbytek svalové hmoty – sarkopenie, která je po 70. roku života významně spojena s imobilitou a zvýšenou morbiditou i mortalitou. Sarkopenie značí deficit svalové hmoty a svalové síly. Sarkopenie je spojena s poruchou termogeneze a imunokompetence, handicapem a zvýšeným rizikem pádů a následných zlomenin. Nižší zastoupení svalové hmoty je spojeno s pohybovou inaktivitou a poklesem hladiny hormonů. Především dochází k poklesu rychlých svalových vláken typu II. b, -motoneuronů a hustoty kapilární sítě. Svalová hmota je druhou nejvariabilnější tkání po tukové frakci. Nejvýraznější změny mezi pohlavím se objevují v období adolescence. Pokles svalové tkáně začíná po 40. roku věku. Úbytek je vyšší u mužů než u žen a zrychluje se v období senescence. Prevalence sarkopenie se rapidně zvyšuje po 60. roku věku. Ztráty svalové hmoty jsou větší v dolní polovině těla a na dolních končetinách než v horní polovině těla a pažích (Riegerová, et al., 2006).

V posledních letech se setkáváme s celosvětovým problémem zahrnující úbytek svalové hmoty se současným nárůstem tukové hmoty, který vystihuje pojem sarkopenická obezita, jejíž prevalence stoupá z 2 % ve věku 65 na 10 % ve věku 85 let (Heymsfield, et al., 2005).

**Obrázek 11.** Změna tělesných frakcí během stárnutí (Gába & Přidalová, 2014)



### 2.6.1.3 Tělesné indexy

Antropometrické indexy jako je *body mass index* (BMI) a *WHR (waist-to-hip ratio)* index se využívají pro hodnocení tělesného složení především kvůli jednoduchosti a nenákladnosti. Klasifikaci indexů uvádíme v tabulce 2–4. Ačkoliv tento způsob měření zahrnuje i štíhlou tělesnou hmotu a kostní tkáň, proto se nejedná o přímé měření tukové tkáně. Indexy BMI a WHR se často používají pro identifikaci jedinců, jež nedosahují nebo naopak přesahují určitou hranici, která představují zvýšené metabolické riziko. Jak uvádí Gába (2011), BMI ani WHR neumožňuje postihnout proměnlivost a změny v zastoupení jednotlivých tělesných složek (BFM a FFM). Z tohoto důvodu se pro objektivnější posouzení zdravotního rizika využívají indexy *body fat mass index* (BFMI) a *fat-free mass index* (FFMI), jejichž klasifikaci uvádíme v tabulce 3. Součtem hodnot BFMI a FFMI získáme hodnotu BMI.

**Tabulka 2.** Klasifikace *body mass indexu* u žen

kategorie	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
podváha	< 18,5
norma	18,5–24,9
nadváha	25,0–29,9
obezita I. stupně	30,0–34,9
obezita II. stupně	35,0–39,9

*poznámka:* kategorie BMI dle WHO (1998)

**Tabulka 3.** Klasifikace *BFMI a FFMI* u žen

zdravotní riziko	BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	FFMI (kg/m <sup>2</sup> )
nízké	≤ 3,8	≥ 18,2
normální	3,9–8,1	16,8–18,1
vysoké	8,2–11,7	14,6–16,7
velmi vysoké	≥ 11,8	≤ 14,5

*poznámka:* kategorie BFMI dle Kyle, Morabia, Schutz a Pichard (2004)

**Tabulka 4.** Klasifikace *WHR indexu* u žen podle věkové kategorie

zdravotní riziko/roky	50–59	60–69
nízké	< 0,74	< 0,76
střední	0,74–0,81	0,76–0,83
vysoké	0,82–0,88	0,84–0,90
velmi vysoké	> 0,88	> 0,90

*poznámka:* kategorie WHR dle Bray a Gray (1988)

## 2.7 Menopauza

Za posledních 100 let se prodloužila průměrná délka života ženy o více než 30 let. Zatímco v roce 1900 byla nižší než 50 let, v roce 2000 je více než 80 let (Bambas, 2001). Časná menopauza je považována za rizikový faktor snižující BMD kosti. Studie autorů Palacios, Hendersen, Siseles, Tan a Villaseca (2010) ukazuje, že incidence osteoporózy je vyšší u žen s menopauzou mezi 40. a 45. rokem než u žen, které prodělaly menopauzu ve vyšším věku. Také krátké období fertility (< 30 let) zvyšuje riziko osteoporózy. Naopak Riegerová, et al. (2009) uvádí pozitivní vztah časnější menarche s vyššími hodnotami BMD. Průměrný věk menopauzy v devíti náhodně vybraných evropských zemích se dle studie Palacios, et al. (2010) pohyboval v rozmezí 50,1–52,8 let. Za determinanty určující časnější nástup menopauzy lze považovat kouření, body mass index a nízkou pohybovou aktivitu. S prodloužením života ženy se prodlužuje doba postmenopauzy a s ní i doba života s estrogenním deficitem. Ten představuje významný rizikový faktor pro kvalitu života a jeho délku. Estrogenní deficit významně zhoršuje kvalitu života v důsledku osteoporotických zlomenin, infarktu myokardu, Alzheimerovy nemoci a dalších stařeckých chorob. Vzhledem k prodloužujícímu se věku žen je postmenopauzální estrogenní deficit významným rizikovým faktorem zhoršené kvality života stárnoucí ženy (Bambas, 2001). Ženy po menopauze mají zvýšené riziko osteoporózy a sarkopenie. Obě tyto diagnózy jsou spojeny s významnou morbiditou a sociálními dopady. Jejich koincidence je problematická, protože zvýšené riziko pádů při sarkopenii zvyšuje pravděpodobnost vzniku osteoporotických zlomenin (Sirola & Kroger, 2011).

## 2.8 Zobrazovací metody osteoporózy

Posuzování stavu skeletu u člověka je založeno na pečlivém vyšetření, zjištění osobní a rodinné anamnézy a využití zobrazovacích vyšetření. Zlatým standardem je i přes určitá omezení dvouenergiová rentgenová absorpciometrie (DXA). V poslední dekádě nabývá významu také (periferní) kvantitativní počítačová tomografie (pQCT) nebo se využívají i jiné metody (viz níže).

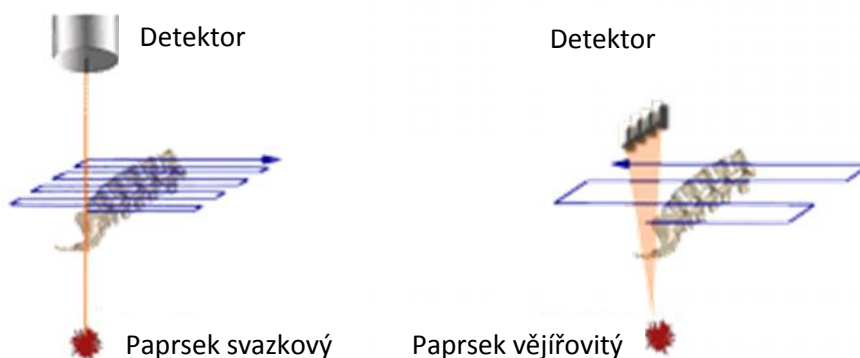
### ***Rentgenová zobrazovací metoda***

Na rentgenovém snímku je možné zjistit známky osteosklerózy, osteopetrózy či výraznou dekalifikaci skeletu. Při osteoporóze mají kosti výrazné obrysové kontury, kontrastující s průhlednými, téměř skleněnými kostmi. Na páteři jsou patrné deformity tvaru „rybích obratlů“, lze zachytit i kompresivní fraktury obratlů klínovitého tvaru. Hodnocení stupně úbytku množství kostní tkáně je však pomocí rentgenogramu velmi obtížné, zatížené subjektivním úsudkem. Konvenční rentgenový snímek má v případě ztráty kostní hmoty jen malou rozlišovací schopnost – musí dojít k úbytku nejméně 30 % kostního minerálu, aby bylo změnu možné spolehlivě popsat.

### ***Denzitometrická zobrazovací metoda***

Dvouenergiová rentgenová absorpciometrie (DXA) je v současné době nejvíce rozšířenou technikou k vyšetření BMD využívající rentgenové záření. Studie (Genton, Hans, Kyle, & Pichard, 2002; Salamone, et al., 2000) uvádí mimo standardní měření kostní denzity i teoretickou a empirickou validitu této metody při měření tělesného tuku a tukuprosté hmoty. Do praxe byla zavedena v roce 1987. Používá vysoce stabilních zdrojů záření se simultánní emisí o vysoké (70 kV) a nízké (40 kV) energetické hladině. Paprsek vychází ze zdroje v pulsech přes rotující kalibrační disk, složený z materiálu odpovídajícího kosti a měkké tkáni. Paprsky mohou být emitovány v úzkém svazku (narrow pencil beam – původní a starší typy přístrojů výrobce Lunar) či v širokém vějíři (wide angle fan beam – výrobce Hologic). Přístroje Hologic jsou komerčně využívány od roku 1991. Využívá skenování pomocí širokého vějíře paprsku, který pokryje 11–15 cm široký pás pod úhlem 30° resp. 15° podle typu přístroje. U těchto přístrojů sice došlo ke zkrácení délky vyšetření, ale zvýšila se dávka radiačního záření. Nejnovějším přístrojem na trhu je v současné době (od roku 2004) přístroj Lunar Prodigy, který využívá pro měření paprsky emitované v úzkém vějíři (narrow angel fan beam) pod úhlem 4,5°. Tento přístroj opět zkrátil délku vyšetření a rapidně snížil i dávku radiačního záření o 96 % (Mazess, Hanson, Payne, Nord, & Wilson, 2000). Současné přístroje produkují záření 10–30  $\mu\text{Sv}$ . Přirozená dávka záření během jednoho roku činí okolo 3 000  $\mu\text{Sv}$ . Pro zjednodušení jedno vyšetření přístrojem DXA se rovná 0,03 % přirozené každoroční dávky.

**Obrázek 12.** *Funkce svazkového a vějířového paprsku (upraveno dle <http://www.rah.sa.gov.au>)*



Denzitometrický přístroj umožňuje stanovit hustotu kostní tkáně v oblasti bederní páteře, proximálního konce kosti stehenní včetně krčku, předloktí či celého těla. Tyto hodnoty jsou ve vztahu k riziku zlomenin a pomocí těchto hodnot je podle Světové zdravotnické organizace definována osteoporóza. Při vyšetření metodou DXA je změřen obsah minerálu v kosti (bone mineral content – BMC) a též je planimetricky zachycena hodnocená plocha kosti (bone mineral area – BMA). BMD je pak vypočtena jako poměr obsahu minerálu a kostní plochy ( $BMD = BMC/BMA$ ). Naměřené hodnoty se vyjadřují v  $g/cm^2$ , neboť jde o planimetrickou projekci. DXA byla původně vyvinutá pro detekci právě postmenopauzální osteoporózy. Více k metodě DXA v metodické části 4.2.

### ***Kvantitativní počítačová tomografie (QCT)***

Pracuje podobně jako klasická počítačová tomografie (CT). Míra rentgenového záření, procházejícího měřenou kostí, je porovnávána s oslabením záření za použití referenčního fantomu. Hlavní výhodou metody spočívá v získání objemové BMD ( $g/cm^3$ ), která není nijak ovlivněna velikostí kosti (na rozdíl od DXA). Navíc umožňuje též rozlišení kortikální a trámčité kosti a bližší posouzení geometrických parametrů kostní hmoty, což lze využít k výpočtům indexů kostní pevnosti a zpřesnit stanovení rizika zlomeniny. Nevýhodou QCT je poměrně značná radiační zátěž (70–400 mSv). Metoda je proto v porovnání s DXA podstatně méně užívána. Pro dětský věk se v současné době doporučuje periferní kvantitativní computerová tomografie - pQCT (Zemel, et al., 2008).



### ***Magnetická rezonance (MRI)***

Zobrazovací metoda MRI využívá velmi silného magnetického pole. Vyšetření je bezpečné a probíhá bez možného škodlivého ionizujícího záření. Magnetická rezonance nejlépe zobrazuje měkké tkáně, v nichž je voda, potažmo vodík a využívá toho, že jádro vodíku tvoří jediný proton. Tento proton se chová jako malý magnet, který je schopen absorbovat působící magnetické pole přístroje. Systém metody MRI využívá signálů z tkání k vytvoření průřezových obrázků tkáněmi (Heymsfield, et al., 2005).

### ***Kvantitativní ultrazvuk (QUS)***

Tato metoda se stává rozšířená jak v klinické praxi, tak v oblasti výzkumu. Oproti metodě DXA je tato metoda levnější, přenosnější a nevyužívá při měření žádné radiace. QUS může stanovit riziko fraktury i bez znalosti BMD a využívá se jako ukazatel metody DXA.

### ***Bioelektrická impedance (BIA)***

V posledních letech zažívá významný rozvoj metoda, která využívá k odhadu tělesného složení neškodného střídavého elektrického proudu, který prochází skrze tělo a měří jeho odpor (*impedanci*). Jedná se o bioelektrickou impedanční analýzu (BIA), která je zcela neinvazivní a je schopna diagnostikovat podíl jednotlivých tělesných frakcí u různých populačních skupin v laboratorních i terénních podmínkách (Gába, 2011); více v metodické části.

### ***Pletysmografie s výtlakem vzduchu (ADP)***

Používá denzitometrii celého těla pro určení tělesného složení (tuková a tukuprostá tkáň) u dospělých a dětí. Celkové vyšetření trvá pouze 5 minut a poskytuje vysoce přesné, bezpečné, pohodlné a rychlé výsledky měření. Patentovaná technologie "Air Displacement Plethysmography" používaná společností COSMED je v principu podobná hydrostatickému vážení ("vážení pod vodou"). Zřejmým rozdílem je jednodušší a pohodlnější provádění než pod vodou. Tato technologie (ADP) tedy poskytuje jednodušší a bezpečnější testovací prostředí, vyšší spolehlivost, přesnost a mnohem lepší opakovatelnost (Fields, Goran, & McCrory, 2002).

## 2.9 Osteoporóza

Osteoporóza je progresivní systémové metabolické onemocnění skeletu charakterizované úbytkem kostní hmoty a poruchami mikroarchitektury kostní tkáně s následným zvýšením fragility kostí a tendencí ke zlomeninám (Broulík, 1999, 2009; Čepová & Pechová, 2008). Nejčastěji dochází ke zlomeninám obratlových těl, ve vyšším věku krčku femuru. Zlomeniny krčku stehenní kosti jsou nejzávažnější komplikací osteoporózy. Vyžadují hospitalizaci, způsobují závažnou imobilitu nemocného a mohou vést k 10–20% zvýšení mortality v prvním roce po zlomenině (Broulík, 2009). Podle autorů Peterson (1999); Munch a Shapiro (2006) je osteoporóza často přezdívaná jako „tichý zloděj kostí“ a v naprosté většině se projevuje u lidí starších 50 let. Data z Českého národního fóra proti osteoporóze (ČNFO) z roku 2008 uvádí, že v této věkové skupině se vyskytuje u 33 % žen a 15 % mužů. U populace nad 70 let jí pak trpí až 47 % žen a 39 % mužů. Léčeno je však pouze 10–15 % postižených. Ročně prodělá osteoporotickou zlomeninu krčku stehenní kosti 12 tisíc žen a 6 tisíc mužů. Za posledních dvacet let se tak jejich počet zdvojnásobil. Pro představu lze říci, že tuto frakturu utrpí přibližně každých 30 minut jeden člověk (ČNFO, 2008).

Pro rok 2010 činil odhad úmrtí způsobených osteoporotickými frakturami v Evropské unii na 43 000 (Kanis, et al., 2013). Většina osteoporotických zlomenin vzniká u pacientů, kteří nebyli nikdy vyšetřováni, ani léčeni pro osteoporózu. Na snímcích se projeví úbytek kostní tkáně až při ztrátě 30–50 % kostního minerálu a bývá často diagnostikována až při první fraktuře. U lidí negroidního plemene nebo u pacientů obézních se osteoporóza vyskytuje mnohem méně často. Obézní ženy jsou do menopauzy chráněny vyšší hladinou estrogenů a obecně větším množstvím kostní hmoty (Heaney, et al., 2000). Prevence vzniku zlomenin je základním úkolem terapie osteoporózy, proto je třeba vytipovat rizikové skupiny a ty vyšetřit a léčit

Osteoporóza (jak primární tak sekundární) je celosvětovým problémem (Dreux, 2004; Heaney, 2003) a představuje v současné době značnou ekonomickou, sociální a zdravotnickou zátěž (Riegerová, et al., 2009). V České republice (ČR) patří mezi druhé nejčastěji se vyskytující onemocnění se stoupající prevalencí (Hrčková & Šarapatková, 2004). Osteoporóza je častá choroba a v ČR postihuje podobně jako v jiných průmyslově vyspělých zemích 5–6 % (Zikán, 2007) či 7–8 % obyvatel (Dítě, et al., 2007). I Dutka a Morawiecki (1997); Kimura (2004); Zikán (2009) uvádí, že osteoporotické zlomeniny představují nemalou

ekonomickou, sociální a zdravotnickou zátěž. S prodlužující se délkou života bude výskyt zlomenin dále narůstat.

Poslední odhady (z roku 2010) počítají s přímou finanční zátěží na léčbu 2,7 milionů zlomenin osteoporotických zlomenin 29 miliard € v pěti největších zemích Evropské unie (EU) – Francii, Německu, Itálii, Španělsku a Velké Británii a 38,7 miliard € ve 27 zemích EU (Kanis, et al., 2013). Podle Zikána (2009) je obrovským problémem to, že osteoporóza je dlouhou dobu asymptomatická a často uniká pozornosti až do vzniku první zlomeniny. Podle WHO (1994, 2003) a Watts, Lewiecki, Miller a Baim (2008) je osteoporóza rozdělena podle měření kostní denzity na páteři a oblasti kyčle. Měření kostní denzity je celosvětově považováno za určující při diagnóze osteopenie a osteoporózy (Zhang, et al., 2013).

Osteoporózu dle Dungla, et al. (2005) a Zikána (2009) rozdělujeme na dvě hlavní skupiny – osteoporóza primární a sekundární.

Mezi primární osteoporózy se řadí:

1. Typ I, známý jako *postmenopauzální* (high turn over se zvýšenou resorpcí), se vyskytuje 6krát častěji u žen než u mužů a trvá 15–20 let po menopauze. Až 30 % žen trpí po menopauze osteoporózou. Postihuje především spongiózní kost. Primární roli hraje deficit estrogenu.
2. Typ II, známý jako senilní *involuční* osteoporóza (low turn over se snížením kostní novotvorby) se objevuje u žen i mužů v poměru 2:1 po 70. roce věku a postihuje rovnoměrně trabekulární i kortikální kost. Průvodním jevem je dlouhodobá deficece kalcia a zlomeniny proximálního femuru.

V rámci primární osteoporózy je nejčastěji sledována osteoporóza postmenopauzální, která je spojena s rozvojem estrogenového deficitu a postihuje především spongiózní kost. Tvoří přibližně 80 % všech osteoporóz a vyskytuje se mezi 50–70 lety (Janíček, et al., 2007; Rosen, 2005; Sambrook & Naganathan, 1997; Selby, 2004). Diagnostika osteoporózy primárně vychází z měření kostní denzity.

Vyšší riziko osteoporózy je konstitučně spojeno s gracilitou kostry, dominantní ektomorfií a hypokinetickým způsobem života v dětství a dospívání (Riegerová, et al., 2009). U starších jedinců dochází v důsledku involuce ke ztrátě svalové tkáně a poklesu svalové síly, který předchází poklesu kostní hmoty (Spirduso, et al., 2005). Dalším významným faktorem, který umocňuje riziko primární osteoporózy je nedostatek pohybové aktivity v průběhu

celého života. Za nejsenzitivnější období z hlediska tvorby kostní tkáně považujeme dětství a dospívání.

Na rozvoj osteoporózy má prokazatelně negativní účinky také nízká úroveň pohybové aktivity neboť v důsledku pohybové inaktivity dochází ke snížení stimulace tvorby osteoblastů a nedostatečné přestavbě kostí. Pro udržení, případně rozvoj kostní hmoty ve starším věku je třeba provádět takovou aktivitu, při které působí na aktivovanou část skeletu síla a gravitace. Preferováno by mělo být longitudinální dráždění kostí s dopadem (impaktem), při kterém je stimulována tvorba osteoblastů (Riegerová, et al., 2009).

České národní fórum proti osteoporóze (2008) podotýká, že ani všechny pokroky medicíny zatím nestačily zastavit strmý nárůst výskytu osteoporózy ve světě. Je diagnostikována přibližně u 75 miliónů lidí v Evropě, USA i Japonsku. Každá třetí žena a pátý muž starší 50 let prožil nějakou z osteoporotických fraktur. Už na začátku 21. století činily roční náklady na léčbu těchto zlomenin 32 miliard eur, do roku 2050 by podle odhadů měly vzrůst až na bezmála 77 miliard eur. Zikán (2009) tvrdí, že riziko zlomenin je multifaktoriální a pevnost kosti ovlivňují kromě BMD další parametry kvality kosti např. mikroarchitektura kosti nebo kvalita organické matrix.

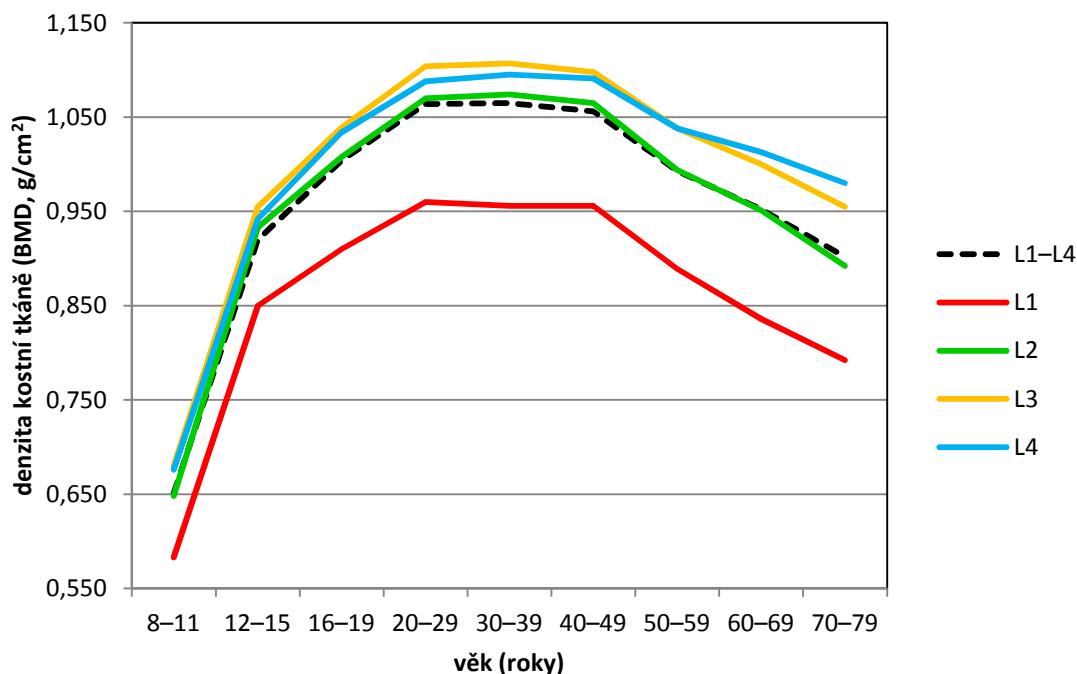
Dungl, et al. (2005) uvádí další rizikové faktory osteoporózy, mezi které patří:

- nízká tělesná hmotnost (méně než 85 % ideální hmotnosti nebo v absolutních číslech méně než 60 kg),
- osobní a rodinná anamnéza zlomenin,
- kouření, alkoholové excesy, kofeinismus,
- kavkazské etnikum s malou postavou, hypermobilními klouby a jemnými vlasy,
- malnutrice a nízký příjem kalcia, dieta s vysokým podílem vlákniny, fosfátů nebo proteinů,
- sedavý způsob života,
- užívání medikamentů (např. kortikosteroidů),
- časná menopauza, skolióza.

Osteoporotické zlomeniny kostí jsou nejzávažnější komplikací osteoporózy. Vyžadují hospitalizaci a způsobují závažnou imobilitu nemocného. Příčinou většiny zlomenin kostí je pád (Albanese, De Terlizzi, & Passariello, 2011; Dincel, Sengelen, Sepici, Cavusoglu, & Sepici,

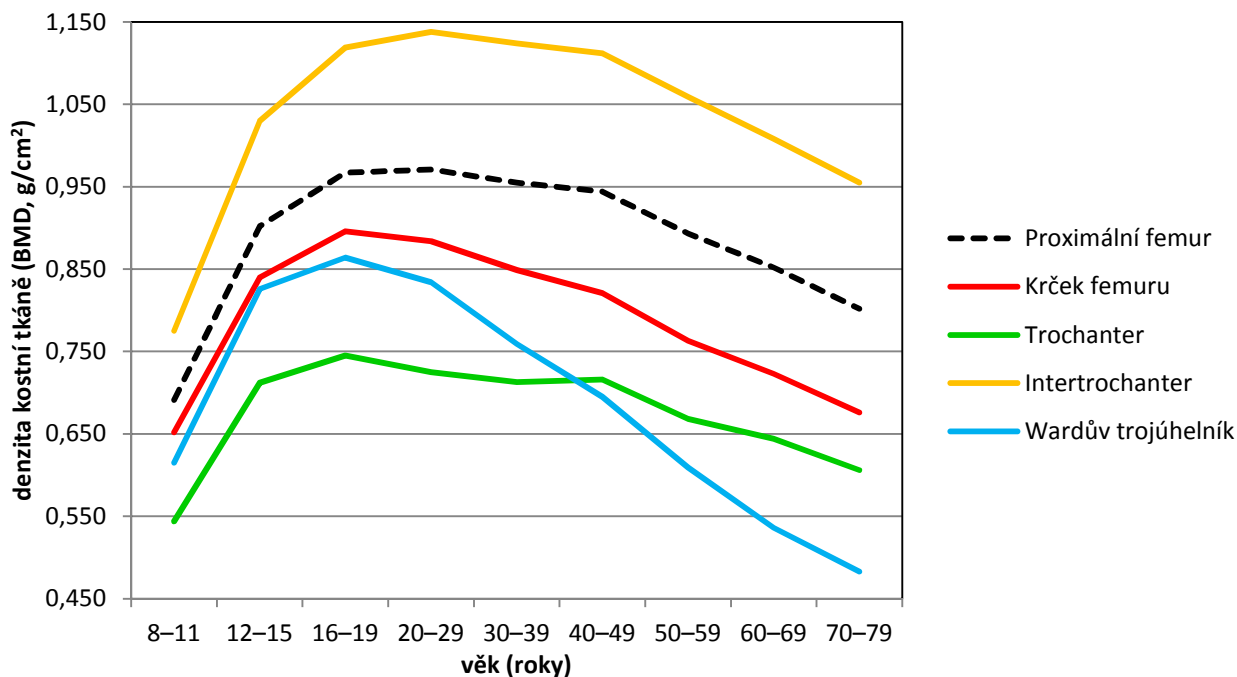
2008; K. C. Kim, Ha, Kim, Choi, & Koo, 2010). Jednu z vlastností kosti, tj. kostní denzitu (BMD) a obsah minerálu (BMC), je možné změřit. Obsah kostního minerálu však přímo nereflektuje současný stav kostního metabolismu, ale spíše výsledek předešlé přestavby kosti. Za standard je považováno měření pomocí dvouenergiové rentgenové absorpciometrie (DXA). Přístroje používají slabé rentgenové záření o dvou energiích, které je pohlcováno kostní tkání (více v metodické části 4.1). Standardně měříme v oblasti lumbální páteře (L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub>) a proximální femur (Schnabel, et al., 2005). The International Society for Clinical Densitometry (ISCD) doporučuje, aby byla diagnóza osteoporózy založena právě na měření *T*-skóre získané ze dvou oddělených míst těla (bederní páteře a proximálního femuru nebo předloktí). U diagnózy osteoporózy proximálního femuru doporučuje ISCD využít i měření regionu krčku femuru a trochanteru femuru. V nedávné době většina výrobců přístrojů DXA přijala referenční data průzkumu National Health and Nutrition Evaluation Survey (NHANES) III a NHANES 2005–2008 za standard pro klasifikaci *T*-skóre proximálního femuru (Leslie, Caetano, & Roe, 2005; Looker, et al., 2012).

**Obrázek 13.** Referenční hodnoty denzity kostní tkáně (BMD) u lumbální páteře (NHANES 2005–2008)



*poznámka:* dle U.S. Department of Health and Human Services (Looker, et al., 2012)

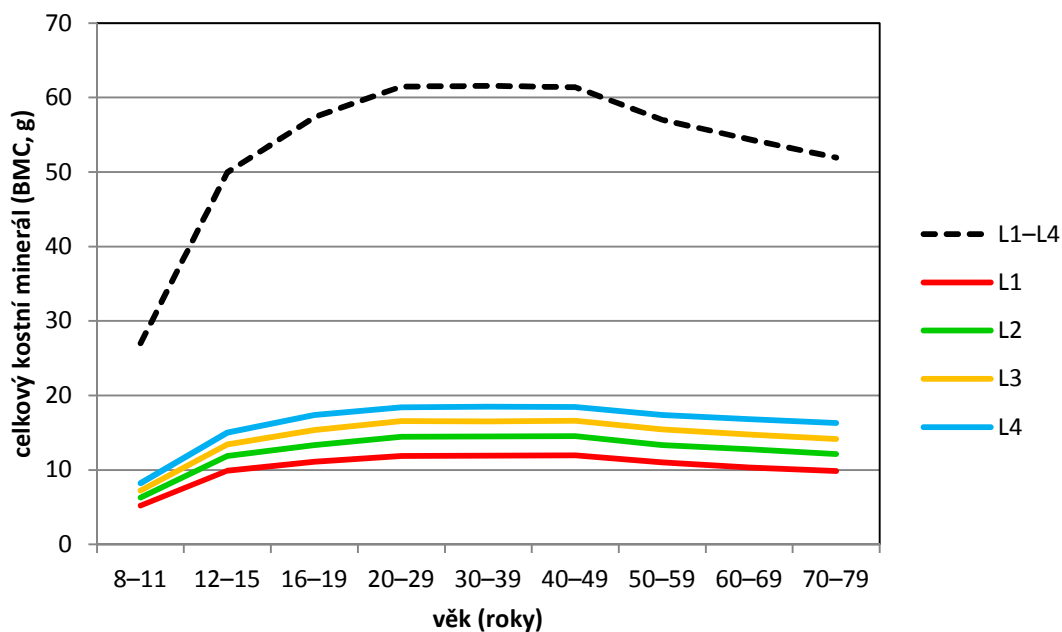
**Obrázek 14.** Referenční hodnoty denzity kostní tkáně (BMD) u proximálního femuru (NHANES 2005–2008)



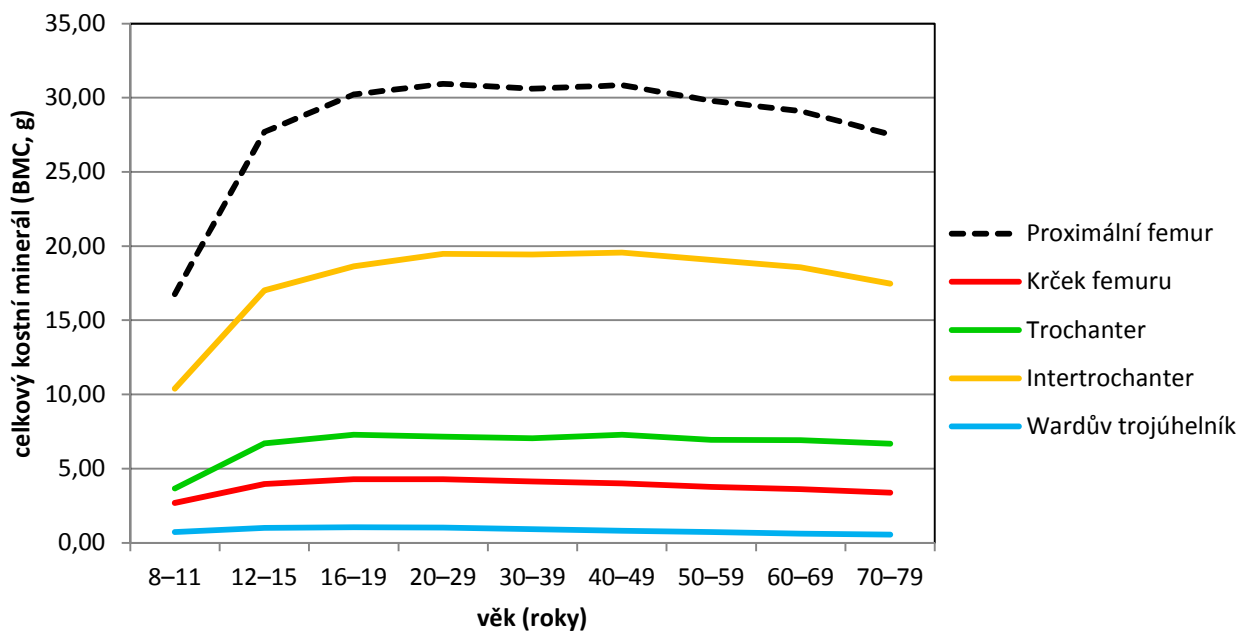
poznámka: dle U.S. Department of Health and Human Services (Looker, et al., 2012)

Podle Riegerové, Gáby, Přidalové a Langrové (2009) je riziko osteoporózy akcentováno kouřením, konzumací alkoholu či příjmem stravy s nadměrným obsahem proteinů a nedostatkem kalcia.

**Obrázek 15.** Referenční hodnoty celkového kostního minerálu (BMC) u lumbální páteře (NHANES 2005–2008)



**Obrázek 16.** Referenční hodnoty celkového kostního minerálu (BMC) u proximálního femuru (NHANES 2005–2008)



*poznámka:* dle U.S. Department of Health and Human Services (Looker, et al., 2012)

Vyšetření kostní denzity se nejčastěji provádí na přístroji DXA. Metoda je však finančně a časově náročná a z těchto důvodů není přístupná pro všechny rizikové skupiny. Určitou alternativu představuje metoda multifrekvenční bioelektrické impedance (např. InBody 720). Vzhledem k tomu, že přístroj InBody 720 nabízí v široké škále výstupů i odhad množství minerálů v těle a v kostech (související s množstvím svalové hmoty), který může být použit jako screening pro pacienty s rizikem osteoporózy, je důležité posoudit souhlasnost hodnocení úrovně kostních minerálů oběma přístroji (Riegerová, et al., 2009). Pro preventivní terénní stanovení hustoty kostních minerálů předloktí a paty se využívá i například lokální denzitometr EXA 3000.

Naměřená hodnota kostní denzity se srovnává s průměrnou hodnotou u mladých zdravých jedinců (30. roku věku), stejného pohlaví i etnika mluvíme zde o *T*-skóre. Naměřený výsledek kostní denzity je možné srovnávat rovněž s průměrem zdravé populace stejné věkové skupiny, pohlaví i etnika a zde mluvíme o *Z*-skóre. Výsledky jsou vyjádřeny pomocí směrodatné odchylky (SD), kde každá 1 SD je asi 10 % denzity kosti.

**T-skóre** = naměřená hodnota - průměr mladistvých / směrodatná odchylka mladistvých

**Z-skóre** = naměřená hodnota - průměr stejné věkové kategorie / směrodatná odchylka stejné věkové kategorie

Dělení Světové zdravotnické organizace WHO (1994, 2003) podle naměřených hodnot kostní denzity:

- normální BMD: *T*-skóre je do -1,0 SD
- osteopenie: *T*-skóre mezi -1,0 až -2,5 SD
- osteoporóza: *T*-skóre je rovno nebo větší než -2,5 SD

## 2.10 Osteoporóza a tělesné složení

Na kostní hmotu působí řada faktorů, jak uvádí (Genaro, Pereira, Pinheiro, Szejnfeld, & Martini, 2010). Jeden z důležitých faktorů je tělesná hmotnost (Blain, Carriere, Favier, Jeandel, & Papoz, 2004; Felson, Zhang, Hannan, & Anderson, 1993; Reid, 2002; Rocher, Chappard, Jaffre, Benhamou, & Courteix, 2008). Nízká tělesná hmotnost byla uvedena jako významný rizikový faktor v rozvoji osteoporózy (Holbrook & Barrett-Connor, 1993). Reid, et al. (2002) ještě zdůrazňuje, že vyšší tělesná hmotnost pozitivně ovlivňuje BMD jak v dětství, tak v dospělosti. Tento vztah je významný především u starších žen (Felson, et al., 1993). Další výzkumy ukázaly, že nejdůležitější prediktor kostní hmoty u postmenopauzálních žen je tuková frakce (Douchi, et al., 2003). Stále se významně diskutuje o vzájemném vlivu tukuprosté/štíhlé tělesné hmoty a tukové hmoty. Některé studie postmenopauzálních žen jasně ukazují vzájemný vztah mezi tukovou a kostní hmotou (Reid, 2010; Reid, et al., 1992), zatímco jiné studie poukazují na vzájemný vztah tukuprosté hmoty a svalové síly na kostní hmotu (Aloia, Vaswani, Ma, & Flaster, 1995a; Nelson, et al., 1994). Kapuš, Gába, Riegerová a Pelclová (2010), uvádí v článku věnující se hodnocení vztahů tělesného složení, pohybové aktivity a kostní denzity u postmenopauzálních žen právě pozitivní vliv tělesného tuku na kostní denzitu. Tedy, že při zhoršujícím se *T*-skóre dochází k signifikantnímu úbytku ( $p < 0,05$ ) relativních hodnot tukové tkáně.

Naopak autoři Genaro, et al. (2010) uvádí nejvyšší závislost kostní hmoty na tukuprosté hmotě - obzvláště na svalové frakci, která je zapojena do přírůstku kostní hmoty pomocí pravidelného mechanického zatěžování. Během posledních let došlo k určitému



konsenzu u štíhlé tělesné hmoty, která může mít na kostní tkáň jiný účinek v různých fázích života. LBM je klasifikována jako determinant BMD lumbální páteře a celotělového BMD u dětí a premenopauzálních žen. Během dospělosti a po menopauze hraje neméně důležitou roli. U starších žen (60–89 let) byla LBM spojená s BMD všech segmentů (Khan, et al., 2001). Tělesný tuk je podle Khan, et al. (2001) důležitým determinantem během premenopauzálních let a jeho význam narůstá signifikantně po menopauze. U starších jedinců dochází v důsledku involuce ke ztrátě svalové tkáně a poklesu svalové síly, který předchází poklesu kostní hmoty (Iki, Saito, Kajita, Nishino, & Kusaka, 2006; Sirola, et al., 2006; Spirduso, et al., 2005). S úbytkem svalové hmoty souvisí i pohybová inaktivita. Aerobní zátěž významně zvyšuje syntézu proteinů ve svalech, snižuje množství tělesného tuku a zlepšuje funkční vlastnosti kosterního svalstva. Posilování zvyšuje množství svalové hmoty a svalovou sílu. Úbytek svalové hmoty a snížení svalové práce se zvyšujícím se věkem jsou hlavní příčinou úbytku kostní hmoty. S vyšší BMD pozitivně korelují svalová síla, aerobní, silový trénink i celková úroveň pohybové aktivity. Svalová síla a denzita kostí spolu tedy přímo souvisí (Sirola & Kroger, 2011). Z tohoto důvodu by měla být primární prevence zaměřena především na ženy s nízkou tělesnou hmotností, popřípadě na ženy, u nichž je možné pozorovat projevy svalové insuficience.

Několik studií (Boyanov, Popivanov, & Roux, 2001; Forsmo, et al., 2007) také zkoumalo vliv antropometrických parametrů, jako je tělesná výška a body mass index (BMI) na BMC (celkové množství minerálů v těle) a BMD. Podle studie (Forsmo, et al., 2007) se ztrátou tělesné výšky klesá množství BMC a BMD. Riegerová, et al. (2009) poznamenává, že množství minerálů v těle (BMC) souvisí s množstvím tukuprosté hmoty.

Výzkum, který realizoval Kapuš, et al. (2010) ukazuje, že s narůstající tělesnou hmotností resp. tukovou tkání dochází ke zlepšení kostní denzity u femuru. U lumbální páteře nebyl tento fakt potvrzen. Důvodem může být produkce estrogenů v tukové tkáni, vyšší příjem vápníku a dalších živin u osob s celkově vyšším příjmem potravy nebo větší množství měkké tkáně obalující kosti při pádu. Obezita ovšem zvyšuje riziko zlomenin v akrální části těla (předloktí). Řada odborných studií jasně potvrzuje pozitivní vliv tělesné hmotnosti na kvalitu kostní tkáně u postmenopauzálních žen. Osoby s vyšší tělesnou hmotností, respektive s vyšším zastoupením tělesného tuku a tukuprosté hmoty, vykazují nižší potenciaální riziko rozvoje tohoto onemocnění (Gába, Kapuš, Pelclová, & Riegerová, 2012; Reid, 2002). Výsledky Kapuš, Gába, Riegerová a Pelclová (2010) prokázaly, že nižší

hodnoty BMI jsou spojeny s nižšími hodnotami kostní denzity. U žen s nadváhou či obezitou byl stav kostní tkáně lepší než u žen s optimální tělesnou hmotností. Naopak pokles svalové hmoty a s ním související pokles svalové síly, často negativně ovlivňuje pohybové funkce a celkovou stabilitu. Tím dochází k signifikantnímu nárůstu rizika pádů, které jsou obvyklou příčinou smrtelných úrazů u osob starších 65 let (Klán & Topinková, 2003). U žen s diagnostikovanou osteoporózou hrozí především fraktura proximální části femuru, která způsobuje závažnou imobilitu nemocného a významně ovlivňuje mortalitu ve vyšším věku (Center, et al., 1999). Kalvach, et al. (2004) uvádí, že četnost výskytu zlomenin v oblasti proximálního femuru v České republice v posledních letech narůstá, avšak je nutné upozornit, že kopíruje křivky známé z jiných hospodářsky vyspělých zemí.

Zlomeniny proximálního femuru odpovídají 65 % všech osteoporotických zlomenin. Mezi nejčastější fraktury proximálního femuru se řadí zlomenina intertrochanteru (50 %) a femorálního krčku (50 %). Průměrný věk pacientů je okolo 80 let a z 90 % jsou zlomeniny způsobeny pádem. Téměř 20 % pacientů umírá během prvního roku po zlomenině, 25 % pacientů vyžaduje dlouhotrvající léčbu a 50 % pacientů se nikdy plně nezotaví. Druhou skupinou závažných zlomenin jsou zlomeniny obratlových těl. Tyto zlomeniny jsou často asymptomatické, pouze 1/3 je diagnostikována pomocí rentgenu. Nejčastěji dochází ke zlomeninám u žen se stoupající prevalencí po menopauze; 5–10 % u žen okolo 55 let, 30–40 % u 80 letých žen. Pokud se zaměříme na studovanou oblast lumbální páteře L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub> má L<sub>1</sub> obratel nejvyšší prevalenci zlomenin - 7 % (Bartl & Frisch, 2009).

### 2.11 Osteoporóza a pohybová aktivita

Kostra člověka je neustále vystavována gravitačním silám (v anglické literatuře používaný termín weight-bearing), silám pracujících svalů a jiným vnějším silám (Khan, et al., 2001). Pohybová aktivita je jeden z prostředků jak pozitivně ovlivňovat tělesné i duševní zdraví, a ve svém důsledku předcházet komplikacím ve stáří (Macháčková, Bunc, Vaňková, Holmerová, & Veleta, 2007). Pravidelné cvičení (např. jóga, powerjóga) má pozitivní vliv na prevenci a průběh osteoporózy. I Kocián a Macourková (2000) uvádí, že jednou z hlavních příčin odvápnění kostí, je snížené zatěžování, ať již při úplném znehybnění nebo jen při snížení pohybové činnosti. Tato snížená pohybová činnost obyvatelstva jako celku je příčinou zvyšování počtu nemocných, a to i v mladším věku. Méně se však mluví o vlivu takového

cvičení, při kterém cvičenec dopadá na nohy - pohyb s impaktem. Mezi cvičení, která se pacientům s osteoporózou nedoporučují, patří jednak aerobic, skákání přes švihadlo a běh. Při nich totiž jednak trpí celý pohybový aparát a stoupá riziko zlomenin, ale také se snižuje kostní metabolismus (Vainionpaa, et al., 2009). Jak uvádí (Wallace & Cumming, 2000) přehled 24 randomizovaných studií postmenopauzálních žen v roce 2000, ukázal, že jak cvičení s impaktem tak i bez impaktu působí jako prevence proti ztrátě kostní tkáně v lumbální oblasti a krčku femuru. Ke zlepšení kostní denzity (BMD) dále přispívají nejrůznější formy rezistenčních cvičení. Také cvičení se zátěží je podporováno jako strategie při prevenci proti osteoporóze. Naopak méně náročné pohybové aktivity, u kterých je navíc redukován vliv gravitace, nevedou u postmenopauzálních žen k významnému zlepšení BMD (Nixon, et al., 2007). Server abecedazdraví.cz doporučuje lidem, kteří již mají s osteoporózou potíže, cviky spíše relaxační, pomalé posilovací, bez prudkých a kroutivých pohybů. Proto může být jóga nebo tai chi v prevenci osteoporózy efektivnější než zdánlivě namáhavější sporty. Tai chi je vhodné hlavně pro starší lidi, protože pomáhá posilovat svaly, zlepšuje rovnováhu a koncentraci. Mezinárodní nadace proti osteoporóze uvádí, že po šestiměsíčním cvičení tai chi se snižuje riziko osteoporózy až o 70 %, hlavně u starších lidí. Příznivý vliv zatěžování kostí se vysvětluje zvýšeným drážděním osteoblastů. Prokazatelně negativní účinky má nízký rozvoj svalové frakce, neboť malá pohybová aktivita je příčinou snížení stimulace tvorby osteoblastů a nedostatečné přestavby kosti. Dochází k atrofii kostí z nedostatku pohybu. Z hlediska rozvoje kostní tkáně jsou jako velmi prospěšné vnímány pohybové činnosti, které zatěžují kost v kranio-kaudálním směru a mají impaktní charakter (Riegerová, et al., 2009).

Z pohledu intenzity pohybové aktivity je pro dospělou a seniorskou populaci obecně doporučeno provádět středně zatěžující pohybovou aktivitu alespoň 150 minut týdně nebo intenzivní pohybovou aktivitu alespoň 75 minut týdně (U. S. Department of Health and Human Services, 2008). Jako nejuniverzálnější je vnímán koncept 10 000 kroků za den (Hatano, 1993), popřípadě podrobněji zpracovaná klasifikace, kterou uvádí Tudor-Locke a Bassett (2004). Pozitivní vliv pravidelné pohybové aktivity se u seniorské populace projevuje především ve změně tukové složky. Gába, et al. (2009) uvádějí, že s narůstajícím počtem kroků vykonaných v průměru za jeden den dochází k signifikantnímu poklesu BMI a procentuálního zastoupení tělesného tuku. Obdobný trend popisují také Tudor-Locke, et al. (2001). Výzkum Kapuše, et al. (2010) ukázal totožný trend, neboť ženy, které splňovaly koncept 10 000 kroků za den, vykazovaly signifikantně nižší BMI i absolutní a relativní

zastoupení tělesného tuku. Stejně zjištění je taktéž ve shodě s výsledky práce Krumm, et al. (2006), kteří popisují procentuální zastoupení tělesného tuku u žen ve věku 50–75 let na hranici 34,7 %. Závěry několika studií uvádí, že doporučení k středně zatěžující pohybové aktivitě lze splnit snadněji, než doporučení vztahující se k objemu pohybové aktivity (Pelclová, et al., 2009; Tudor-Locke & Bassett, 2004).

Salem et al. (2009) uvádí, že s přibývajícím věkem se snižuje kvalita života a stejně tak množství pohybové aktivity. Nedostatek pravidelné pohybové aktivity (PA) a preference sedavého způsobu života představuje pro seniorskou populaci zásadní faktor ovlivňující kvalitu jejich života. Současné trendy však naznačují, že prevalence sedavého životního stylu je ve státech Evropské unie na vysoké úrovni (Varo, et al., 2003) a směrem ke starším věkovým kategoriím počet inaktivních jedinců výrazně narůstá (Chodzko-Zajko, et al., 2009). V rámci primární prevence řady chronických onemocnění je doporučeno pro dospělou a seniorskou populaci vykonávat adekvátní množství pohybové aktivity, která by se měla stát nepostradatelnou součástí jejich každodenního života. Z hlediska intenzity PA je doporučováno v rámci jednoho týdne vykonat nejméně 150 minut středně zatěžující pohybové aktivity (3–6 METs), popřípadě 75 minut intenzivní pohybové aktivity (> 6 METs). Pozitivně je také vnímána kombinace pohybových činností ve výše zmíněných intenzitách (U. S. Department of Health & Human Services, 2008). Z dokumentu American College of Sports Medicine and The American Heart Association (ACSM/AHA) vyplývá, že pohybová aktivita středního zatížení by měla být realizována nejméně pětkrát do týdne v minimálním trvání 30 minut, zatímco intenzivní pohybovou aktivitu je vhodné provádět alespoň třikrát do týdne v minimálním trvání 20 minut (Haskell, et al., 2007). Řada současných doporučení k pohybové aktivitě se také orientuje na její objem, a to především ve vztahu k průměrnému počtu kroků vykonaných za jeden den. Pozitivní vliv pohybové aktivity na zdraví jedince byl v minulosti častokrát potvrzen (Albright & Thompson, 2006; Hu, et al., 2004).

U postmenopauzálních žen je pravidelně prováděná pohybová aktivita spojována také s redukcí rizika výskytu karcinomu prsu (McTiernan, et al., 2003; Patel, et al., 2003), rozvoje diabetes mellitus 2. typu (Folsom, et al., 2000) nebo obezity (Gába, et al., 2009; Krumm, et al., 2006; Kyle, et al., 2004). Její význam se dále odráží i ve zdraví kostní tkáně, neboť je stimulem pro osteoblastickou činnost, a ve svém důsledku podstatně redukuje riziko výskytu osteopenie či osteoporózy ve vyšším věku.

Z mnoha studií (Karlsson, Nordqvist, & Karlsson, 2008; McKay, Liu, Egeli, Boyd, & Burrows, 2011; Pigozzi, et al., 2009; Puntila, et al., 2001) vyplývá, že pohybová aktivita působí na kost protektivně. Autoři Kapuš, et al. (2010) uvádí, že ačkoliv má pohybová aktivita protektivní charakter na kostní tkáň, úbytek hmotnosti spojený s pohybovou aktivitou by mohl hypoteticky působit proti výhodnému efektu cvičení u žen s nadváhou či u obézních žen. U postmenopauzálních žen je totiž tuková tkáň hlavním místem konverze androgenů v estrogen pomocí enzymu aromatázy. U žen tedy dochází v důsledku poklesu tukové frakce ke snížení koncentrace estrogenu (McTiernan, et al., 2004). Estrogenový deficit také urychluje akumulaci tělesného tuku a iniciuje úbytek tukuprosté hmoty (Gába, et al., 2009). Vyšší tělesná hmotnost, zvláště tuková hmota také přispívá k zatěžování skeletu a je proto důležitým faktorem v nárůstu kostní denzity a redukcí kostní přestavby (Chubak, et al., 2006).

Imobilní pacienti mohou ztratit až 40 % kostní hmoty z jejich počátečního stavu během roku. Příznivý vliv pravidelné pohybové aktivity a cvičení na sílu kostí, svalů a rovnováhy zřejmě přispívá k 20–70% redukcí rizika zlomenin krčku stehenní kosti oproti lidem žijícím sedavým způsobem života (Bartl & Frisch, 2009). Gregg, Pereira a Caspersen (2000) uvádí, že při srovnání lidí se sedavým životním stylem a lidmi, kteří se věnují cvičení přes 3 hodiny týdně, mají pohybově aktivní lidé riziko osteoporózy a následných zlomenin nižší téměř o polovinu. Jedinci, kteří nevykonávají optimální množství pohybové aktivity, mají vyšší riziko vzniku chronických chorob, zejména těch, jejichž prevalence je věkově podmíněná.

Jedním z důležitých a pro budoucnost v dospělosti významných efektů pro podporování síly i v dětském věku před pubertou je skutečnost, že dostatečná a všestranná PA, obsahující i odporová cvičení, určuje hustotu a pevnost kostry po celé životní období s největším ziskem v pozdní dospělosti. Tato prevence osteoporózy vyžaduje jak dostatečně dlouhou expozici, tak i intenzitu, aby se její efekt projevil i ve vyšším věku, když hrozí nebezpečné fraktury pro ochablost pohybového ústrojí ohrožující zvláště ženy po menopauze (Máček, et al., 2011). Nejvíce je na pohybové popudy citlivá nezralá kostra, proto ji lze příznačně ovlivnit. Vliv PA na vývoj kostry je v této době významně vyšší, hustota se zvyšuje až o 30 %, zatímco při cíleném cvičení v dospělosti u žen před a po menopauze vzrostla jen o 4 %. (Máček, et al., 2011). K tomu, aby se snížilo riziko fraktury stehenního krčku o polovinu, je nutné zvýšit hustotu nejméně o 10 % (Bass, 2000).

## 3 CÍL, HYPOTÉZY A ÚKOLY PRÁCE

### 3.1 Vědecké otázky

Na základě rešerše dostupné literatury o klíčových pojmech spojených s tématem práce jsme analyzovali informace týkající se změn spojených se stárnutím (změny v tělesném složení, v kostní denzitě i v pohybové aktivitě).

Formulovali jsme základní vědecké otázky:

1. Dochází při stárnutí ke změnám v tělesném složení, kostní denzitě či množství vykonané pohybové aktivity? Je možné tyto změny sledovat na základě empirického kvantitativního výzkumu?
2. Ovlivňuje během stárnutí změna tělesného složení parametry kostní denzity?
3. Ovlivňuje během stárnutí změna pohybové aktivity parametry kostní denzity?
4. Ovlivňuje doba od menopauzy vliv tělesného složení na kostní denzitu?
5. Vykazují přístroje InBody 720 a DXA shodu při měření kostních minerálů?

### 3.2 Výzkumný cíl práce

Hlavním cílem je analýza tělesného složení a kostní denzity u souboru žen po menopauze ve věkovém rozmezí 50–79 let.

#### 3.2.1 Dílčí cíle

1. Analyzovat rozdíly změn tělesného složení u žen během procesu stárnutí.
2. Analyzovat rozdíly kvality kostní tkáně vybraných segmentů u žen během stárnutí.
3. Analyzovat vybrané charakteristiky tělesného složení u žen s kostní denzitou v normě a u žen s osteopenií.
4. U sledovaného souboru žen vyhodnotit míru asociace mezi ukazateli kostní tkáně a vybranými charakteristikami tělesného složení.
5. Na základě statistické analýzy posoudit změny tělesného složení a rozdíly ve kvalitě kostní tkáně sledovaných segmentů mezi ženami, které budou splňovat všeobecné doporučení k objemu PA, a ženami, které dané doporučení plnit nebudou.
6. Zjistit a vyhodnotit difference naměřených hodnot mezi přístroji InBody 720 a DXA.

7. Posoudit prevalenci osteoporózy, obezity a sedavého životního stylu u sledovaného souboru žen.

### 3.3 Hypotézy

**H1<sub>0</sub>:** Mezi ženami různého stáří neexistuje rozdíl v tělesném složení a kostní denzitě.

**H1<sub>a</sub>:** Starší ženy vykazují obecně změny v tělesném složení a zhoršení kostní denzity.

*závisle proměnná: kalendářní věk*

*nezávisle proměnná: parametry tělesného složení a kostní denzity*

**H2<sub>0</sub>:** Mezi ženami s optimálním zastoupením tělesného tuku a obézními ženami neexistuje rozdíl v kostní denzitě proximálního femuru.

**H2<sub>a</sub>:** U obézních žen je denzita kostní tkáně proximálního femuru vyšší než u žen s optimálním zastoupením tělesného tuku.

*závisle proměnná: kostní denzita segmentů proximálního femuru*

*nezávisle proměnná: procentuální zastoupení tělesného tuku*

**H3<sub>0</sub>:** Mezi ženami s optimálním zastoupením tělesného tuku a obézními ženami neexistuje rozdíl v kostní denzitě bederních obratlů.

**H3<sub>a</sub>:** U obézních žen je denzita kostní tkáně lumbální oblasti páteře vyšší než u žen s optimálním zastoupením tělesného tuku.

*závisle proměnná: kostní denzita lumbálních obratlů*

*nezávisle proměnná: procentuální zastoupení tělesného tuku*

**H4<sub>0</sub>:** Mezi ženami, které plní všeobecné doporučení k objemu pohybové aktivity a ženami, které dané doporučení nespĺňují, neexistuje rozdíl v kostní denzitě sledovaných segmentů.

**H4<sub>a</sub>:** Ženy, které splňují doporučení k objemu pohybové aktivity, vykazují vyšší kostní denzitu než ženy, které dané doporučení nespĺňují.

*závisle proměnná: kostní denzita sledovaných segmentů*

*nezávisle proměnná: počet kroků vykonaných za jeden den*

**H5o:** Mezi ženami, které plní všeobecné doporučení k intenzitě pohybové aktivity a ženami, které dané doporučení nesplňují, neexistuje rozdíl v kostní denzitě sledovaných segmentů.

**H5a:** Ženy, které splňují doporučení k intenzitě pohybové aktivity, vykazují vyšší kostní denzitu než ženy, které dané doporučení nesplňují.

*závisle proměnná: kostní denzita sledovaných segmentů*

*nezávisle proměnná: doba strávená středně zatěžující pohybovou aktivitou (min/týden)*

**H6o:** U žen s různou délkou doby od menopauzy nedochází ke změně v působení tělesného složení na kostní denzitu.

**H6a:** U žen dochází v závislosti na době od menopauzy ke změně působení tělesného složení na kostní denzitu.

*závisle proměnná: kostní denzita sledovaných segmentů*

*nezávisle proměnná: doba od menopauzy (YSM) a změny v tělesném složení*



## 4 METODIKA PRÁCE

V práci analyzujeme vzájemné vazby mezi vybranými charakteristikami kostní tkáně, tělesného složení a markery pohybové aktivity u postmenopauzálních žen. Poslední součástí výzkumu je krátká anketa (viz přílohy).

Práce se dle Hendla (2008) řadí mezi kvantitativní studie s neexperimentální analýzou dat. Jedná se rovněž o průřezové šetření a popisnou analýzu dat s prvky nerandomizovaného výzkumu.

### 4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Hodnocení kostní denzity a množství minerálů bylo realizováno u 167 postmenopauzálních (minimálně rok po menopauze) relativně zdravých žen ve věkovém rozmezí 50–77 let. Menopauza byla definována jako absence menstruačních cyklů po dobu minimálně jednoho roku. Průměrný kalendářní věk sledovaného souboru činil  $62,91 \pm 5,09$  let, průměrný věk menopauzy  $50,95 \pm 3,31$  let. Součástí realizované diagnostiky bylo také určení zastoupení vybraných tělesných složek.

Výzkumu se účastnily ženy (bělošky), které pravidelně navštěvovaly vzdělávací a pohybové programy v rámci Univerzity třetího věku (U3V) Fakulty tělesné kultury a Přírodovědecké fakulty při Univerzitě Palackého v Olomouci.

**Tabulka 5.** Četnostní zastoupení vyšetřovaných osob na jednotlivých přístrojích

přístroj	n
DXA Lunar Prodigy Primo™	167
InBody 720	167
ActiGraph GT1M	154

Do sledovaného souboru nebyly vybrány ženy, které kdykoliv během života podstoupily hormonální substituční terapii nebo po dobu dvou let užívaly léky významně ovlivňující metabolismus kostní tkáně (např. kortikosteroidy). Ženy, které se podrobily během života chirurgickému odstranění vaječníků (ovarektomie) také nebyly do studie zařazeny. Rovněž ženy, které prodělaly operaci kyčelního či kolenního kloubu (např. kovové implantáty) nebo absolvovaly denzitometrické vyšetření během posledních 12 měsíců, byly z této studie vyloučeny. Nadměrný chirurgický zásah v oblasti páteře (včetně kovových

implantátů) nebyl u výzkumu tolerován. Měření se také nezúčastnily probandky, které trpěly pohybovým handicapem ovlivňujícím denzitu kostní tkáně, tělesné složení či pohybovou aktivitu (porucha motoriky, amputace, paréza).

Probandky participující na projektu jsme podrobně seznámili s riziky spojenými s denzitometrickým vyšetřením a měřením pomocí bioelektrické impedance, ženy podepsaly před vlastní procedurou informovaný souhlas. Výzkumná část projektu se uskutečnila v průběhu měsíce dubna 2010, 2011 a 2012 na specializované klinice (G-Centrum Olomouc s.r.o.) za spoluúčasti odborně proškoleného personálu a radiologického asistenta.

Pro posouzení vlivu tělesného složení a pohybové aktivity na sledované kostní parametry jsme sledovaný soubor žen diferencovali na dílčí subsoubory. Četnostní zastoupení probandek v jednotlivých věkových kategoriích uvádíme v tabulce 6.

Projekt svým zaměřením odpovídá dlouhodobému výzkumnému záměru Katedry přírodních věd v kinantropologii<sup>1</sup> FTK UP v Olomouci a je podpořen souhlasem Etické komise FTK UP v Olomouci<sup>2</sup>.

Jako limity této studie považujeme to, že ženy navštěvovaly programy Univerzity třetího věku na Fakultě tělesné kultury a Přírodovědecké fakultě – jednalo se především o dlouhodobě pohybově aktivní část populace žen. Pokud by byl součástí tohoto výzkumu randomizovaný soubor, výsledky by mohly být odlišné.

**Tabulka 6.** Četnostní zastoupení probandek v jednotlivých věkových kategoriích ( $n = 167$ )

věková kategorie	zkratka	n	věková kategorie	zkratka	n
50–54 let	SUB <sub>50</sub>	11	50–59 let	SUB <sub>55</sub>	38
55–59 let	SUB <sub>55</sub>	27	60–69 let	SUB <sub>65</sub>	113
60–64 let	SUB <sub>60</sub>	71	70–79 let	SUB <sub>75</sub>	16
65–69 let	SUB <sub>65</sub>	42			
70–74 let	SUB <sub>70</sub>	14			
75–79 let	SUB <sub>75</sub>	2			

<sup>1</sup> dříve Katedra funkční antropologie a fyziologie

<sup>2</sup> projekt byl schválen 19. 1. 2010 Etickou komisí FTK UP v Olomouci pod jednacím číslem 2/10

## 4.2 Vyšetření na přístroji DXA Lunar Prodigy Primo™

Proximální část levého femuru, lumbální oblast páteře (L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub>) a celková tělesná denzita byly měřeny přístrojem DXA Lunar Prodigy Primo™ (GE Healthcare, Velká Británie), využívající software enCORE™ verze 12.20.023.

Rentgenový kostní denzitometr (obrázek 17) se skládá ze skenovacího ramene, sestavy zdroje rentgenového záření a vyšetřovacího stolu. Hmotnostní limit stolu je 159 kg. Tělesná výška vyšetřovaných nesměla přesáhnout 185 cm. Modely Prodigy využívají technologie vějířovitého svazku paprsku s 16kanálovým polovodičovým detektorem.

**Obrázek 17.** DXA Lunar Prodigy Primo™ (upraveno dle [www.gehealthcare.com](http://www.gehealthcare.com))



Přístroj byl před každým diagnostickým blokem pravidelně kalibrován pomocí dodaného fantomu Lunar s chybou měření  $\pm 1$  %. Podle příručky výrobce vykazuje přístroj přesnost při měření in vivo variačního koeficientu BMD lumbální páteře (1,2 %), proximálního femuru (0,9 %) a tělesného složení (1,4 %). Přístroje pracující s metodou duální rentgenové absorpciometrie (DXA) jsou v současnosti primárně používány pro hodnocení rizika výskytu osteopenie a osteoporózy na základě informací o kostní denzitě ve vybraných segmentech skeletu (SB Heymsfield, 2005). DXA sice umožňuje měření kostní denzity, ale nerozlišuje při měření poměr kortikální a trabekulární kosti (Y. Lu, et al., 2013).

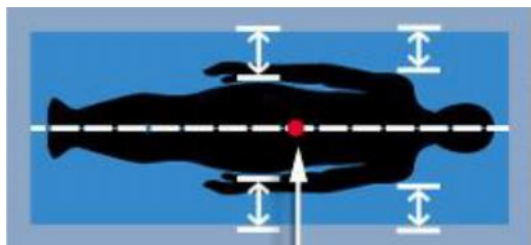
Měření také vykazuje vysokou validitu a reliabilitu při diagnostice tělesného složení (Heyward & Wagner, 2004). Měření tělesného složení probíhalo i na přístroji InBody 720 (kapitola 4.3). V prezentovaném výzkumu jsme se zaměřili na posouzení stavu kostní tkáně

v oblasti levého proximálního femuru – krček femuru (Neck)<sup>3</sup>, Wardův trojúhelník (Wards) a velký trochanter (Troch); segmentu lumbální oblasti páteře (L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub>) a celotělovou denzitu. Wardův trojúhelník je oblast femuru, která obsahuje nejméně trabekul a s tím spojená nejnižší hodnota BMD. Procedura zahrnující měření výše zmíněných segmentů i celotělovou analýzu trvala zhruba 30 minut. Probandky absolvovaly celotělový sken vleže na zádech s rukama podél těla. Pacientka byla umístěna do středu stolu pomocí střední čáry na stole jako referenční linii pro vyrovnání pacienta (obrázek 18). Pro oblast lumbální páteře (obrázek 19) a proximálního femuru (obrázek 20) byla vyšetřovaným upravena poloha těla dle instrukcí zodpovídajícího personálu. Měření probíhalo v lehkém oděvu s vyloučením všech kovových předmětů pro vyšší přesnost.

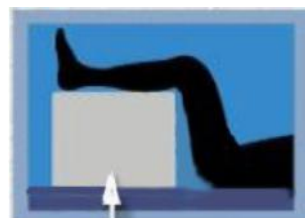
**Tabulka 7.** Specifikace délky měření přístroje DXA Lunar Prodigy Primo™

vyšetřovaná oblast	délka vyšetření	dávka záření (μSv <sup>4</sup> )
denzita lumbální oblasti páteře	60 s	42
denzita proximálního femuru	60 s	42
celotělová denzita/tělesné složení	10 min	0,4

**Obrázek 18.** Poloha těla na stole denzitometru při celotělovém skenu



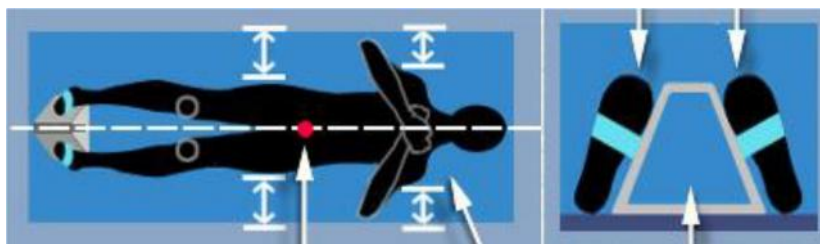
**Obrázek 19.** Poloha dolních končetin při měření lumbální oblasti páteře



*poznámka:* ke zvýšení dolních končetin pacientky jsme použili podpurný blok s ujištěním, že stehna pacientky svíraly s deskou stolu úhel 60° až 90°. Tento krok pomáhá oddělit obratle a napřímí dolní část páteře.

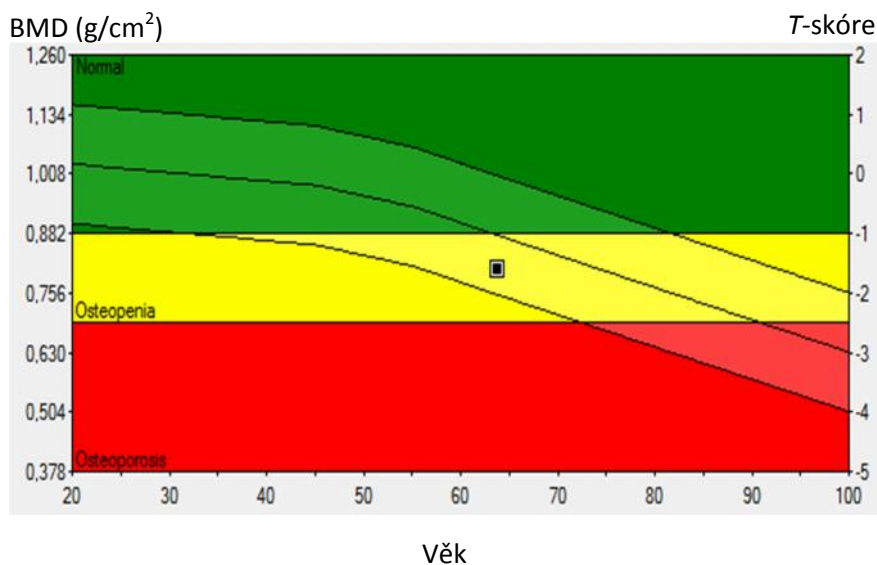
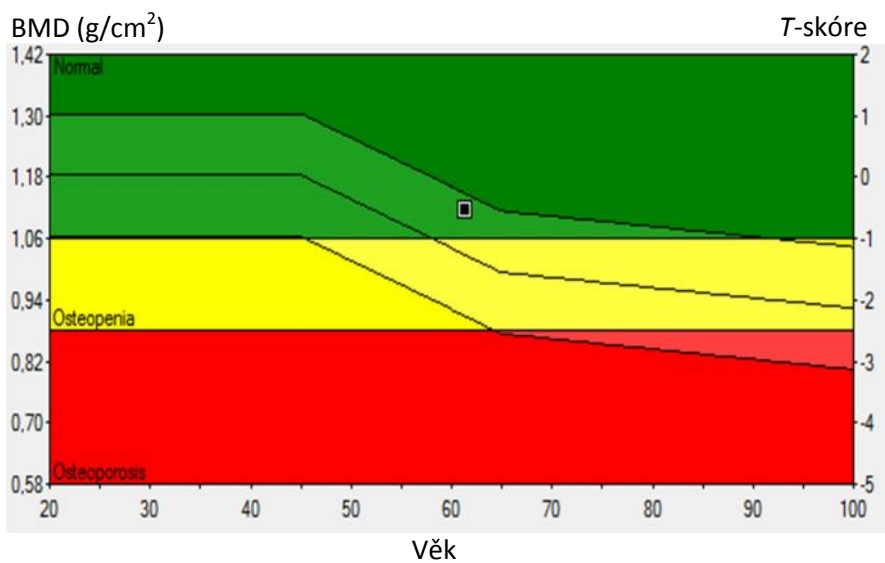
<sup>3</sup> zkratky v závorkách jsou převzaty z programu enCORE™ 12.20.023

<sup>4</sup> μSv = Sievert – jednotka dávky ionizujícího záření

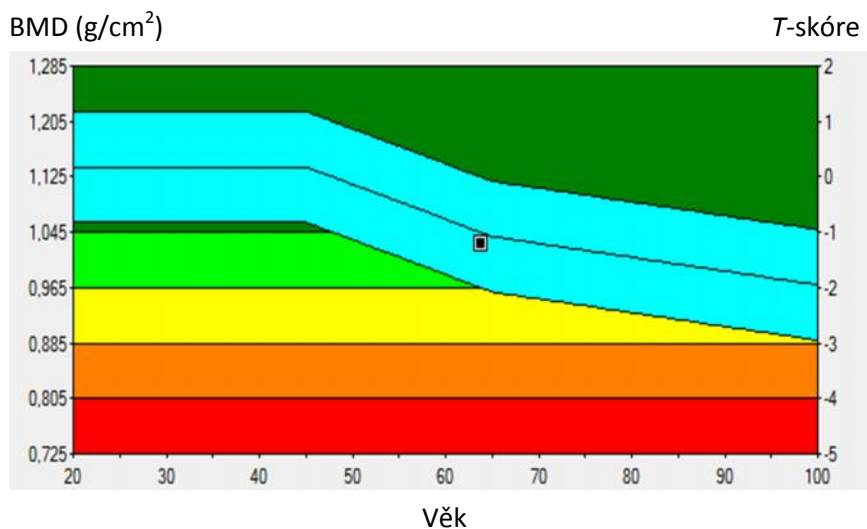
**Obrázek 20.** Poloha těla při denzitometrickém vyšetření proximálního femuru

*poznámka:* při polohování pacientky pro měření proximálního femuru je důležité, aby vyšetřovaná osoba zkřížila ruce přes hrudník mimo strany kyčelního kloubu. Dolní končetiny pacientky jsou rotovány směrem dovnitř a nohy zajištěny přezkou.

Při vyšetření byly sledovány parametry vztahující se k celkovému množství kostních minerálů v daném segmentu (BMC, kg), kostní denzitě (BMD,  $\text{g}/\text{cm}^2$ ), *T*-skóre a *Z*-skóre. Naměřené údaje o kostní denzitě byly komparovány s referenčními hodnotami zdravých jedinců stejného pohlaví a etnika (*T*-skóre), které vycházejí z kritérií Světové zdravotnické organizace (World Health Organization, 2003). U zdravých osob dosahují hodnoty *T*-skóre výše než -1 (optimálně nulové). Hodnoty *T*-skóre v pásmu od -1,0 do -2,5 jsou označovány jako osteopenie, hodnoty nižší než -2,5 jako osteoporóza (obrázek 21). Jeho použití je preferováno u postmenopauzálních žen starších 50 let. U dětí a osob před menopauzou, popřípadě mladších 50let let je vhodnějším diagnostickým kritériem hodnota *Z*-skóre, která udává počet standardních odchylek od průměrné hodnoty osob stejného věku a pohlaví. Hodnota *Z*-skóre vyšší než -2,0 je definována jako „nad očekávané rozmezí pro daný věk“ naopak *Z*-skóre nižší jak -2,0 je definováno jako „pod očekávané rozmezí pro daný věk“. Referenční normou, od které se vypočítává *T*-skóre, je bílá žena ve věku 20–29 let změřena v letech 1988–1994 a uvedena v databázi NHANES III (National Health and Nutrition Examination Survey).

**Obrázek 21.** Referenční graf proximálního femuru (převzato a upraveno ze softwaru enCore)**Obrázek 22.** Referenční graf lumbální páteře (převzato a upraveno ze softwaru enCore)

Referenční graf poskytuje vizuální prezentaci výsledků vyšetření. BMD pacienta, vyjádřená v gramech na centimetr čtvereční, je vykresleno v závislosti na věku. Čtvereček s černou tečkou představuje pacienta. Tenká linie oddělující tmavě zelenou od žluté označuje osteopenii. Linie oddělující žlutý pás od červeného určuje osteoporózu (obrázek 21).

**Obrázek 23.** Referenční graf celotělové denzity (převzato a upraveno ze softwaru enCore)

Horizontální pásy představují referenční standard mladého dospělého. Hodnoty denzity v levé vertikální ose jsou denzity zdravých mladých dospělých (obrázek 22). Hodnoty  $T$ -skóre v pravé svislé ose udávají, o kolik směrodatných odchylek se BMD pacienta liší od BMD mladého dospělého. Negativní  $T$ -skóre udává, že kostní denzita (BMD) pacienta je pod průměrnou hodnotou BMD zdravé referenční populace mladých dospělých. Pozitivní skóre udává, že BMD pacienta je nad průměrnou referenční hodnotou mladých dospělých.

Referenční graf celotělové denzity (obrázek 23) je také tvořen barevnými pruhy. Každý barevný pruh pod tmavě zelenou částí představuje jednu směrodatnou odchylku pod hodnotou mladého dospělého. Modrý šikmý pruh se nachází nad standardní referenční hodnotou mladých dospělých. Modrý pruh ukazuje věkově upravenou referenci ( $Z$ -skóre) a představuje změnu denzity kosti spojenou se stárnutím. Středová linie modrého pruhu se označuje jako regresní čára. Regresní čára ukazuje očekávané BMD v různém věku pro určité místo měření. Modrý pruh představuje očekávanou věkově upravenou BMD  $\pm 1$  směrodatnou odchylku pro daného pacienta

#### 4.2.1 Výhody a limity metody DXA

K výhodám přístroje DXA se dle manuálu k přístroji řadí minimální radiační zátěž, která dosahuje 0,5–45  $\mu\text{Sv}$  oproti klasickému rentgenu s radiační zátěží 5–245  $\mu\text{Sv}$ . V případě přirozené roční dávky z prostředí (2500–5000  $\mu\text{Sv}$ ) je zátěž u těchto přístrojů opravdu zanedbatelná. K výhodám DXA metody také patří i relativně krátká doba vyšetření.

Naopak nevýhodou DXA metody je neschopnost rozlišit trabekulární a kortikální kost nebo geometrii kosti. DXA měří pouze plošnou denzitu kostní tkáně, proto mohou být výsledky ovlivněny velikostí kosti.

V současné době se jedná o nejvíce používanou metodu pro sledování denzity kostní tkáně. Jak uvádí Šumník a Souček (2009) metoda DXA využívá dvou paprsků o různých energetických hladinách, přičemž zeslabení intenzity záření, které projde tkání, je přímo úměrné denzitě této tkáně. Kromě měření lokální kostní denzity (proximální část femuru, lumbální oblast páteře) lze pomocí DXA měřit celotělovou kostní denzitu, kdy software nabízí i odhady složení těla (tuk a tukuprostá hmota).

Obsah kostních minerálů je přímo úměrný oslabení paprsku při průniku kostí. V dané oblasti skeletu se změřená hodnota BMC vydělí plochou, na kterou se daný skelet či jeho část promítne. Výsledkem je tzv. plošná kostní denzita (aBMD – areal BMD; dále jen BMD) vyjádřená v  $\text{g}/\text{cm}^2$ . Van Rijn a van Kuijk (2002) i Šumník a Souček (2009) podotýkají, že takto vypočtená denzita však nerespektuje třetí rozměr. Z tohoto důvodu může vést případná vnitřní rotace v kyčelním kloubu o  $10^\circ$  k zmenšení měrné plochy a poklesu výsledných hodnot BMD krčku o  $0,009 \text{ g}/\text{cm}^2$ , trochanterické oblasti o  $0,005 \text{ g}/\text{cm}^2$  a Wardova trojúhelníku o  $0,006 \text{ g}/\text{cm}^2$ . Naopak vnější rotace o  $10^\circ$  souvisí s nárůstem BMD o  $0,005 \text{ g}/\text{cm}^2$  (krček femuru),  $0,003 \text{ g}/\text{cm}^2$  (trochanter femuru) a o  $0,036 \text{ g}/\text{cm}^2$  (Wardův trojúhelník) (Lekamwasam & Lenora, 2003). Nález nižší plošné denzity může mít mimo jiné několik příčin. Může se jednat o osteopenii, resp. osteoporózu, nebo o demineralizaci nebo má kost menší rozměry. Problémem v hodnocení samotných denzitometrických výsledků DXA je také rozdílnost výsledků na přístrojích různých výrobců či při použití různých softwarových verzí.

Vzhledem k tomu, že metoda DXA využívá slabého rentgenového paprsku o dvou energiích a měří průchod těchto energií třemi typy tkání (tělesný tuk, štíhlá tělesná hmota a kostní tkáň) existují značné chyby vyplývající z nehomogenní distribuce tukové tkáně. Tento fakt však může způsobovat chybu měření okolo 5–8 %; tj.  $0,06 \pm 0,03 \text{ g}/\text{cm}^2$  (Tothill, Weir, & Loveland, 2014). Další limity metody DXA vychází z toho, že vysoké zastoupení tukové frakce snižuje přesnost měření kostního minerálu popřípadě, že přístroj započítává do kostního minerálu i kalcifikovanou tkáň především okolo aorty a utvořené osteofyty u starých jedinců.

Přístroj DXA měří BMD lumbální páteře, krčku femuru, proximálního femuru s přesností (koeficient variance) 1,9 %, 2,3 % a 1,7 % v tomto pořadí (Rajamanohara, et al.,



2011). Přesnost měření LBM, BFM a procenta tuku in vivo  $\sim 1.0\%$ ,  $0,8\%$  a  $2,7\%$  v tomto pořadí (Toombs, Ducher, Shepherd, & De Souza, 2012). Reprodukovatelnost (reliabilita; spolehlivost) je vhodnější pro měření BMD než většina laboratorních testů. Reliabilita vyjádřená v CV (koeficient variance) je obvykle  $1-2\%$  u lumbální páteře v anterioposteriorním postavení a  $2-3\%$  u proximálního femuru u jedinců s normálními hodnotami BMD (El Maghraoui & Roux, 2008).

#### **4.2.1 Sledované parametry u vyšetření přístrojem DXA Lunar Prodigy Primo™**

##### **denzitometrické parametry**

celkový obsah kostního minerálu ( $BMC_{DXA}$ ; kg)

denzita kostní tkáně (BMD;  $g/cm^2$ )

T-skóre

Z-skóre

plocha kosti ( $cm^2$ )

šířka kosti (cm)

výška kosti (cm)

##### **parametry tělesného složení**

tělesná hmotnost $_{DXA}$  (kg)

tělesný tuk v absolutním ( $BFM_{DXA}$ ; kg) i relativním ( $\%BFM_{DXA}$ ; %) zastoupení

tukuprostá hmota ( $FFM_{DXA}$ ; kg) – absolutní zastoupení

štíhlá tělesná hmota ( $LBM_{DXA}$ ; kg) – je dána jako rozdíl tukuprosté hmoty a kostních minerálů

##### **indexy**

body mass index ( $BMI_{DXA}$ ;  $kg/m^2$ )

body fat mass index ( $BFMI_{DXA}$ ;  $kg/m^2$ )

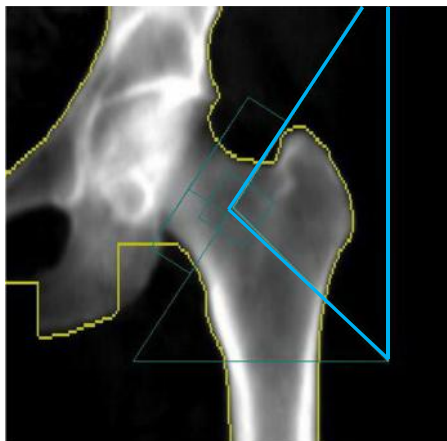
fat-free mass index ( $FFMI_{DXA}$ ;  $kg/m^2$ )

androidní oblast (A; kg) -  $BFM_A$  (kg) – androidní tuk; odhad centrálně uloženého tuku, odpovídá viscerálnímu tuku ( $VFA$ ;  $cm^2$ );  $LBM_A$ (kg) – androidní štíhlá tělesná hmota

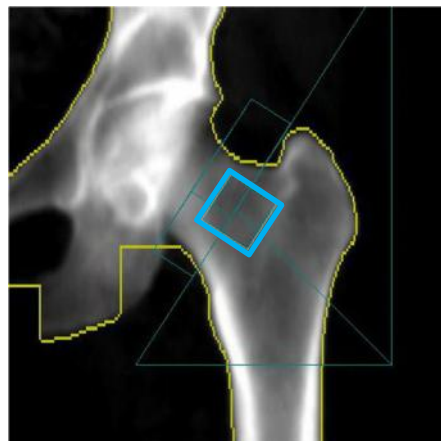
gynoidní oblast (G; kg) –  $BFM_G$  (kg) – gynoidní tuk; zastoupení podkožního tuku;  $LBM_G$  (kg) – gynoidní štíhlá tělesná hmota

#### 4.2.2 Sledované segmenty denzitometrického vyšetření

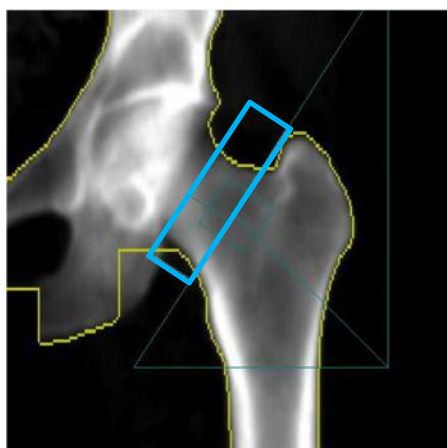
Pro snadnější orientaci ve vybraných parametrech využíváme grafické znázornění měřených oblastí femuru (obrázky byly použity a upraveny ze softwaru enCORE 12.20.023).



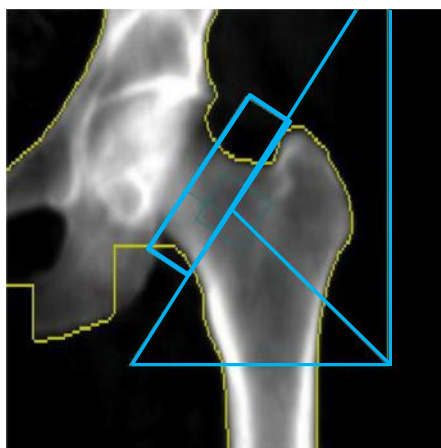
**Obrázek 24.** Vyznačení měřeného trochanteru



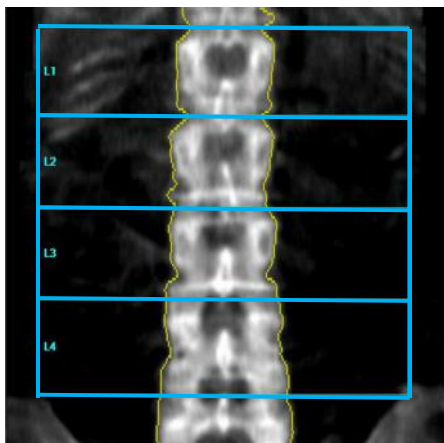
**Obrázek 25.** Vyznačení měřeného Wardova trojúhelníku



**Obrázek 26.** Vyznačení měřeného krčku femuru



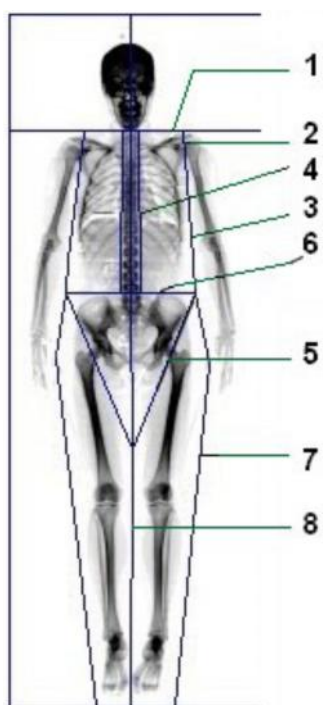
**Obrázek 27.** Vyznačení měřené celkové proximálního femuru



**Obrázek 28.** Vyznačení lumbální oblasti  $L_1-L_4$

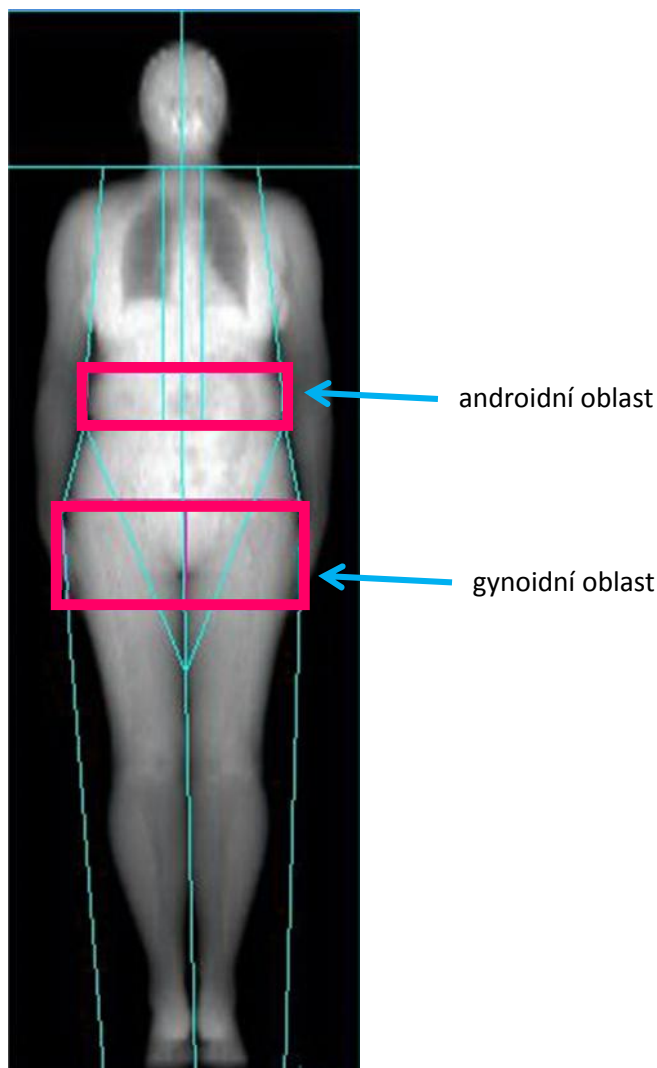


**Obrázek 29.** Vyznačení segmentů při celotělové denzitě



1. Hlava: řez hlavy se nachází těsně pod bradou.
2. Levá a pravá paže: řezy paže prochází loktem a jsou co nejbližší k tělu. Řezy oddělují ruce a paže od těla.
3. Levé a pravé předloktí: řezy předloktí jsou co nejbližší tělu. Oddělují lokty a předloktí od těla.
4. Levá a pravá páteř: řezy páteře jsou co nejbližší páteři bez zahrnutí hrudního koše.
5. Levá a pravá pánve: řezy pánve prochází krčky femuru a nedotýkají se pánve.
6. Vrchol pánve: řez vrcholu pánve je těsně nad horním okrajem pánve.
7. Levá a pravá noha: řezy nohy oddělují ruce a předloktí od nohou.
8. Střed nohou: řez středem nohou odděluje pravou a levou nohu.

**Obrázek 30.** Měřené oblasti celotělové denzity



**Obrázek 31.** Vyznačení oblastí pro měření tělesného složení na přístroji DXA s vymezením androidní a gynoidní oblastí

### 4.3 Antropometrické ukazatele a měření na přístroji InBody 720

Antropometrická data byla získána pomocí standardních metod (Riegerová, et al., 2009). Výška ve stoji byla měřena před vlastním denzitometrickým vyšetřením s přesností na 0,1 cm pomocí antropometru P-375 (Trystom, Česká republika). Probandky měření absolvovaly na boso v lehkém oděvu. Tělesná hmotnost jedince byla měřena přístrojem DXA s přesností na 0,1 kg. Riziko zdravotních komplikací spojených s obezitou jsme posuzovali pomocí body mass indexu (BMI;  $\text{kg}/\text{m}^2$ ), popřípadě dle procentuálního zastoupení tělesného tuku (%BFM = body fat mass). Za obézní považujeme probandky, u kterých je hodnota BMI (body mass indexu) vyšší jak  $30 \text{ kg}/\text{m}^2$  (World Health Organization, 1998) nebo %BFM větší jak 35 % (Heyward & Wagner, 2004). Pro posouzení obezity jsme také využili hodnoty

procentuálního zastoupení tělesného tuku vycházející z práce Gallagher, et al. (2000) popřípadě Kyle a Schutz, et al. (2003)

Hodnoty BMI mohou však být nepřesné. Tento index počítá s tělesnou hmotností (kg) dělenou druhou mocninou tělesné výšky ( $m^2$ ). Avšak tělesná hmotnost zahrnuje dvě rozdílné složky (tukuprostou hmotu a tukovou hmotu). Proto využíváme pro posouzení obezity i další dva indexy – body fat mass index (BFMI;  $kg/m^2$ ) a fat free mass index (FFMI;  $kg/m^2$ ). Indexy BFMI a FFMI jsou vypočteny jako tuková hmotu (kg) resp. tukuprostá hmotu (kg) dělená druhou mocninou tělesné výšky ( $m^2$ ) v tomto pořadí. Hodnocení BFMI a FFMI vychází z klasifikace Kyle, Genton, Germion, Slosman a Pichard (2004).

V rámci diagnostiky tělesného složení jsme zaměřili pozornost také na hmotnostní podíl tělesného tuku (BFM, kg), tukuprosté hmoty (FFM, kg) a celotělových minerálů (minerály, kg) pomocí multifrekvenčního přístroje InBody 720 (Biospace, Soul, Jižní Korea), který využívá metody bioelektrické impedance. Pilotní studie (Riegerová, et al., 2009) potvrdila právě podhodnocené nastavení rizikových hodnot tělesných a kostních minerálů u přístroje InBody 720, proto bude snahou tohoto projektu optimalizovat nastavení hodnot u přístroje InBody 720.

Přímo řízená segmentální bioelektrická impedanční analýza umožňuje měření mnoha složek lidského těla (intracelulární voda, extracelulární voda, proteiny, tuková hmotu, hmotu kosterního svalstva, tukuprostá hmotu atd.). Multifrekvenční bioelektrická analýza (MFBIA) využívá impedance šesti různých frekvencí (1–1000 kHz) a reaktance se třemi různými frekvencemi (5, 50, 250 kHz) na každý z pěti segmentů těla (levá a pravá horní končetina, trup, levá a pravá dolní končetina) nezávisle na sobě. MFBIA se využívá pro klinickou i terénní determinaci tělesného složení. Přístroj InBody 720 využívá vysokofrekvenční střídavý elektrický proud nízké intenzity  $100\mu A$  (1 kHz) a  $500\mu A$  (ostatní frekvence), který se šíří v různých biologických strukturách a měří jejich impedanci.

Měření na tomto přístroji probíhalo standardním způsobem. Přístroj nabízí 8 bodové dotykové elektrody (dvě jsou umístěny na dlani a palci ruky, další dvě na předním segmentu nohy a na patě). Zhruba dvouminutové měření bylo realizováno na boso v lehkém oděvu s vyřazením všech kovových předmětů. Probandky byly včas seznámeny se standardními podmínkami měření, které musely dodržet. Ženy, které tyto podmínky nesplnily, byly vyloučeny.

Použitá metoda je unifikována při měření v laboratorních podmínkách dle norem daných manuálem přístroje (Biospace, 2008).

#### **4. 3. 1 Sledované parametry u vyšetření přístrojem InBody720**

##### **a) tělesné parametry**

tělesná výška (cm)

tělesná hmotnost<sub>InBody</sub> (kg)

tělesný tuk - v absolutním (BFM<sub>InBody</sub>; kg) i relativním zastoupení (%BFM<sub>InBody</sub>; %)

tukuprostá hmota (FFM<sub>InBody</sub>; kg)

štíhlá tělesná hmota (LBM<sub>InBody</sub>; kg)

celková tělesná voda (TBW; l)

extracelulární tělesná voda (ECW; l)

intracelulární voda (ICW; l)

viscerální tuk (VFA; cm<sup>2</sup>) – odhad intraabdominálního tuku v těle

proteiny (kg) – odhad proteinů v těle

minerály (kg) – odhad minerálů v těle

obsah kostních minerálů (BMC<sub>InBody</sub>; kg) – odhad kostních minerálů v těle

##### **b) indexy**

body mass index (BMI<sub>InBody</sub>; kg/m<sup>2</sup>)

body fat mass index (BFMI<sub>InBody</sub>; kg/m<sup>2</sup>)

fat-free mass index (FFMI<sub>InBody</sub>; kg/m<sup>2</sup>)

WHR index (waist-to-hip ratio; poměr pas/boky)

#### **4.4 Monitoring pohybové aktivity**

Pohybová aktivita byla sledována v rozsahu sedmi dnů s využitím akcelerometru ActiGraph GT1M (ActiGraph; LLC, Pensacola, FL, USA) s uvedenými rozměry přístroje (3,8 cm x 3,7 cm x 1,8 cm; 27 g). Přístroj registruje vertikální zrychlení v hodnotách zvaných county. Každý akcelerometr byl před měřením kalibrován dle doporučení uváděných výrobcem.

Pomocí dodaného softwaru (ActiLife, verze 5.8) přístroje výrobcem byl nastaven interval záznamu na jednu minutu a snímač chůze aktivován. Stažené údaje byly posouzeny a zpracovány v souladu s postupy, které uvádí Esliger, Copeland, Barnes a Tremblay (2005). Pro eliminování nežádoucích posunů akcelerometru byl každý přístroj uložen v ochranném pouzdře s elastickým páskem a upevněn k pravému boku v oblasti hřebene kosti kyčelní. Přístroj si probandky nasazovaly dle instrukcí každé ráno ihned po probuzení a během dne sundávaly jen při sprchování a jiných činnostech prováděných ve vodním prostředí. Ženám byl předán bezprostředně po absolvování denzitometrického vyšetření a vyšetření tělesného složení na přístroji InBody 720. Každá probandka souhlasila s měřením a byla obeznámena s obsluhou akcelerometru. Ženy, které nevykonaly během sedmi dnů více, než 10 hodin vhodné pohybové aktivity celkem byly ze studie vyloučeny. U seniorské populace je sedmidenní sledování pohybové aktivity prostřednictvím přístroje ActiGraph GT1M považováno za dostatečně reliabilní (Murphy, 2009).

Pro klasifikaci intenzity PA vycházíme z práce Pate et al. (1995), který rozlišuje tři základní typy PA (pohybová aktivita nízkého zatížení < 3 METs; pohybová aktivita středního zatížení 3–6 METs a pohybová aktivita vysokého zatížení > 6 METs). Intenzitě pohybové aktivity odpovídají jednotky gravitačního zrychlení přístroje tzv. county, které definoval Freedson, Melanson, & Sirard (1998). Méně než 1952 countů za minutu značí pohybovou aktivitu nízkého zatížení; středně zatěžující pohybová aktivita je vymezena 1951–5724 county za minutu a pohybová aktivita vysokého zatížení je klasifikována více jak 5724 county za minutu.

Řada současných doporučení k pohybové aktivitě se také orientuje na její objem, a to především ve vztahu k průměrnému počtu kroků vykonaných za jeden den. Jako nejuniverzálnější je vnímán koncept 10 000 kroků za den (Hatano, 1993), popřípadě podrobněji zpracovaná klasifikace, kterou uvádí Tudor-Locke a Bassett (2004). Ženy byly považovány za inaktivní, pokud nesplnili koncept 5000 kroků během dne (Tudor-Locke & Bassett) nebo nedosáhli 150 minut středně zatěžující pohybové aktivity během týdne.

Výsledky nebyly ovlivněny horkým létem popřípadě chladnou zimou či zledovatělým povrchem. Záznamové listy denní aktivity či inaktivity (v minutách) byly použity pro sebehodnocení pohybových aktivit (např. chůze, zahrádkaření, domácí práce, plavání) respektive inaktivit (např. sledování televize, práce u počítače, čtení, cestování).

#### 4.4.1 Sledované markery pohybové aktivity

V dizertační práci byly sledovány základní markery vykonané pohybové aktivity (PA) spojené s jejím objemem a intenzitou.

##### a) objem pohybové aktivity

počet kroků vykonaných v průměru za jeden den ( $PA_{krok}$ ; kroky/den)

##### b) intenzita pohybové aktivity

pohybová aktivita nízkého zatížení vykonaná během týdne ( $PA_{light}$ ; min/týden)

pohybová aktivita středního zatížení vykonaná během týdne ( $PA_{mod}$ ; min/týden)

pohybová aktivita vysokého zatížení vykonaná během týdne ( $PA_{vig}$ ; min/týden)

**Tabulka 8.** Absolutní a procentuální zastoupení probandek v závislosti na plnění, respektive neplnění, konceptu 10 000 kroků za den ( $n = 154$ )

kategorie	zkratka	kroky/den	n	%
neplní doporučení	PA1 <sub>10k</sub>	< 10 000	85	55,19
plní doporučení	PA2 <sub>10k</sub>	> 10 000	69	44,81

*poznámka:* klasifikace dle Hatano (1993)

**Tabulka 9.** Absolutní a procentuální zastoupení probandek podle počtu kroků vykonaných během dne ( $n = 154$ )

kategorie	zkratka	kroky/den	n	%
sedavý způsob života	PA1 <sub>krok</sub>	< 5000	14	9,09
málo aktivní	PA2 <sub>krok</sub>	5 000–7 499	25	16,23
nedostatečně aktivní	PA3 <sub>krok</sub>	7 499–9 999	46	29,87
aktivní	PA4 <sub>krok</sub>	10 000–12 499	33	21,43
vysoce aktivní	PA5 <sub>krok</sub>	≥ 12 500	36	23,38

*poznámka:* klasifikace počtu kroků/den dle Tudor-Locke a Bassett (2004)

**Tabulka 10.** Absolutní a procentuální zastoupení probandek podle středně zatěžující intenzity pohybové aktivity ( $n = 154$ )

kategorie	zkratka	Intenzita PA (3–6 METs)	n	%
sedavý způsob života	PA <sub>150</sub>	< 150 min/týden	67	43,51
aktivní	PA <sub>150-300</sub>	150–300 min/týden	50	32,47
vysoce aktivní	PA <sub>300</sub>	> 300 min/týden	37	24,03

*poznámka:* klasifikace dle Pate, et al. (1995)



**Tabulka 11.** Rozdělení PA dle intenzity zatížení a doby v ní strávené

kategorie	zkratka	$\bar{x}$ (minut/týden)	s
1–6 METs	PA <sub>light</sub>	430,67	89,45
3–6 METs	PA <sub>moderate</sub>	202,24	149,48
> 6 METs	PA <sub>vigorous</sub>	11,10	25,16

*poznámka:* METs – tzv. metabolický ekvivalent = množství vydechovaného kyslíku za minutu na kilogram tělesné hmotnosti (1 MET = 3,5 ml VO<sub>2</sub> ml/min/kg); PA<sub>light</sub> – pohybová aktivita lehké intenzity, PA<sub>moderate</sub> – PA střední intenzity, PA<sub>vigorous</sub> – PA vysoké intenzity

Prostřednictvím krátké ankety byla zjišťována i rodinná anamnéza, pohybová činnost v mládí a současnosti, kouření atd. (viz kap. 10 Přílohy).

#### 4.5 Vymezení indexů

BMC (g) – obsah kostních minerálů; vypovídá o celkovém obsahu minerálů jako je hydroxyapatit v měřené oblasti kosti.

BMD (g/cm<sup>2</sup>) – denzita kostní hmoty; vypovídá o kostní mineralizaci na jednotku skenované oblasti. BMD je plošná hustota kosti („aBMD“), objem nemůže být touto technologií stanoven.

T-skóre – vyjadřuje počet standardních odchylek nad nebo pod střední hodnotou BMD u mladých zdravých jedinců (T-skóre<sub>L</sub> – lumbální páteř, T-skóre<sub>F</sub> – proximální femur, T-skóre<sub>C</sub> – celotělové)

Z-skóre – vyjadřuje počet standardních odchylek nad nebo pod střední hodnotou BMD u stejně starých jedinců

Androidní oblast – dolní hranice řezu pánve. Horní hranice nad řezem pánve v 20% vzdálenosti mezi řezy pánve a krku. Boční hranice představují řezy paže.

Gynoidní oblast – horní hranice pod řezem pánve o 1,5násobku výšky androidní oblasti zájmu. Výška gynoidní oblasti zájmu je rovna dvojnásobku výšky androidní oblasti zájmu.

Boční hranice představují vnější řezy nohy.

BFM<sub>InBody</sub> (kg) BFM<sub>DXA</sub> (kg) – absolutní zastoupení tukové tkáně u přístroje InBody 720 a DXA  
BFM<sub>InBody</sub> (%); BFM<sub>DXA</sub> (%) – procentuální zastoupení tukové tkáně u přístroje InBody 720 a DXA

FFM<sub>InBody</sub> (kg); FFM<sub>DXA</sub> (kg) – absolutní zastoupení tukuprosté hmoty u přístroje InBody 720 a DXA

$LBM_{InBody}$  (kg);  $LBM_{DXA}$  (kg) – absolutní zastoupení štíhlé tělesné hmoty. Štíhlá tělesná hmotnost odpovídá tukuprosté hmotě bez kostních minerálů ( $LBM = FFM - BMC$ ).

$BMI_{InBody}$  ( $kg/m^2$ );  $BMI_{DXA}$  ( $kg/m^2$ ) – tělesná hmotnost v  $kg/(výška\ v\ m)^2$  měřená na přístroji InBody 720 nebo DXA

$BFMI_{InBody}$  ( $kg/m^2$ );  $BFMI_{DXA}$  ( $kg/m^2$ ) – hmotnost tukové frakce v  $kg/(tělesná\ výška\ v\ m)^2$  u přístroje InBody 720 a DXA

$FFMI_{InBody}$  ( $kg/m^2$ );  $FFMI_{DXA}$  ( $kg/m^2$ ) – hmotnost tukuprosté frakce v  $kg/(tělesná\ výška\ v\ m)^2$  u přístroje InBody 720 a DXA

WHR – poměr pas/boky (waist-to-hip ratio)

$PA_{krok}$  – počet kroků vykonaných během dne

$PA_{150}$  (min/hod) – množství pohybové aktivity nízké intenzity vykonané během hodiny

$PA_{150-300}$  (min/hod) – množství pohybové aktivity střední intenzity vykonané během hodiny

$PA_{300}$  (min/hod) – množství pohybové aktivity vysoké intenzity vykonané během hodiny

#### 4.6 Statistická analýza

Získaná data byla statisticky analyzována prostřednictvím softwaru Statistica 10.0 (StatSoft, 2009). Normalita rozložení dat byla hodnocena Shapiro-Wilksův W testem. Vzhledem ke splnění požadavku normálního rozdělení dat, byly difference mezi jednotlivými subsoubory hodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy variance (ANOVA), pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test.

Pearsonův korelační koeficient ( $r$ ) byl použit pro určení vztahu mezi závislými proměnnými (BMD proximálního femuru, lumbální páteře a celotělové denzity) a nezávislými proměnnými (tělesné složení). Ženy jsme při korelační analýze rozdělili do tří skupin podle doby uplynulé od menopauzy (1–10 YSM, 11–20 YSM, 21–30 YSM).

Věcná významnost (effect size) byla posuzována na základě koeficientu eta-squared ( $\eta^2 = S\check{C}_{faktor}/S\check{C}_{faktor}+S\check{C}_{chyba}$ ). Hodnoty  $\eta^2$  větší než 0,01 vymezují malý efekt, nad hodnotou 0,06 hovoříme o středním efektu a hodnota 0,14 ohraničuje velký efekt (Cohen, 1988). Vzájemné vazby mezi proměnnými byly analyzovány Pearsonovým a Spearmanovým korelačním koeficientem. Statistická významnost byla sledována na hladině  $p < 0,05$ , popřípadě  $p < 0,01$ .

Pro porovnání rozdílů v tělesném složení mezi přístrojem InBody 720 a DXA jsme použili nepárový Studentův t-test. Rozdíly mezi jmenovanými přístroji a limity shody (LoA) na různé úrovni byly vypočítány jako průměr rozdílů mezi přístroji  $\pm 1,96$  SD za použití Bland-Altmanovy analýzy (M. J. Bland & Altman, 2010).

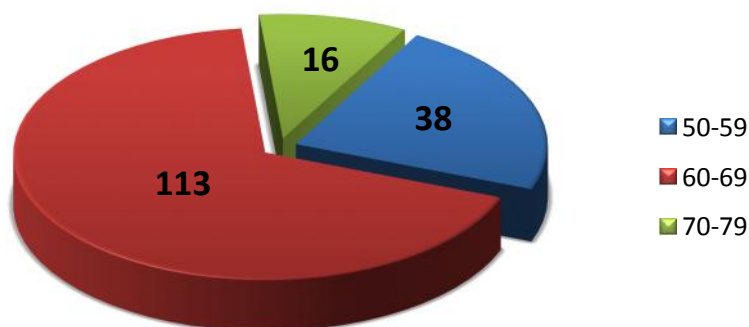
#### **4.7 Materiální a finanční zajištění projektu**

Projekt byl realizován pod záštitou Katedry přírodních věd v kinantropologii Fakulty tělesné kultury při Univerzitě Palackého v Olomouci. Vybavenost byla v souladu s požadavky projektu (DXA Lunar Prodigy Primo™, InBody 720, Tanita BC-418). Akcelerometry ActiGraph GT1M byly zapůjčeny z Institutu aktivního životního stylu. Finanční dotace na projekt byly zajištěny formou grantů IGA: Studentských grantových soutěží Univerzity Palackého v Olomouci realizovaných v roce 2010, 2011 a 2012 (FTK\_2010\_012, FTK\_2011\_014 a FTK\_2012\_025). Část výzkumu byla také pokryta Institutem aktivního životního stylu. Dizertační práce byla zpracována v rámci výzkumného záměru: „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“ (MSM 6198959221).

## 5 VÝSLEDKY

Výsledková část je rozčleněna do sedmi kapitol. V jednotlivých částech hodnotíme všech 167 postmenopauzálních žen v jednotlivých věkových kategoriích (obrázek 32). V první kapitole prezentujeme průměrné hodnoty vybraných parametrů u přístrojů InBody 720 a DXA. Druhá kapitola je věnována změnám tělesného složení během stárnutí u obou přístrojů. Analýzou závislosti lumbální páteře, proximálního femuru a dalších parametrů během stárnutí se zabýváme ve třetí kapitole. Čtvrtá kapitola výsledkové části poskytuje hodnocení *T*-skóre vybraných segmentů a jeho vliv na tělesné složení. Pátá kapitola popisuje vliv uplynulé doby od menopauzy na tělesné složení a kostní denzitu. Předposlední kapitola prezentuje výsledky vlivu objemu pohybové aktivity na měřené parametry. V poslední kapitole se zabýváme vzájemným srovnáním přístrojů DXA a InBody 720.

**Obrázek 32.** Počty žen v jednotlivých věkových kategoriích ( $n = 167$ )



### 5.1 Průměrné hodnoty tělesného složení a kostní denzity na přístroji InBody 720 a přístroji DXA.

Základní charakteristiky vybraných tělesných komponent jsou uvedeny v tabulce 12. Průměrný věk měřených žen činil  $62,91 \pm 5,09$  let; průměrný věk menopauzy byl  $50,95 \pm 3,31$ , což odpovídá evropskému průměru. Průměrná délka doby od menopauzy činila  $11,96 \pm 6,28$  let. U často sledovaného parametru tělesného složení, tělesného tuku, jsme v rámci přístroje DXA, stanovili průměrnou hodnotu  $26,50 \pm 8,66$  kg (tj. 37,91 % tělesné hmotnosti). Tukuprostá hmota zaujímala v tělesném složení větší podíl -  $43,40 \pm 4,55$  kg, tj. 62,08 %

tělesné hmotnosti. Průměrná hodnota štíhlé tělesné hmoty byla nižší ( $41,06 \pm 4,37$  kg, tj. 58,73 % tělesné hmotnosti) z důvodu osvobození od kostních minerálů.

Z vypočtených výsledků dále vyplývá, že dle indexu  $BMI_{DXA}$  a  $BMI_{InBody}$  dominovaly ženy s normálním BMI (38,92 %; 43,11 %) a prevalence žen s nadváhou činila (40,72 %; 33,53 %). Hranici obezity překročilo 19,76 % resp. 22,76 % v tomto pořadí. Pokud vezmeme v úvahu zdravotní riziko vyjádřené pomocí indexu  $BFMI_{DXA}$  a  $BFMI_{InBody}$  převažovalo u žen vysoké a velmi vysoké zdravotní riziko (69,46 %; 55,69 %) naopak hodnoty  $FFMI$  vykazovaly normální hodnoty.

U výsledných hodnot v tabulce 12 nacházíme rozdíly mezi přístrojem InBody 720 a DXA (statistická významnost je rozebírána v kapitole 5.7). Z výsledků je patrné, že u přístroje InBody 720 jsme u tělesné hmotnosti, tělesného tuku a štíhlé tělesné hmoty naměřili nižší hodnoty než u přístroje DXA. Naopak hodnoty tukuprosté hmoty a BMC byly u přístroje InBody 720 vyšší, což je logické, neboť součástí tukuprosté hmoty je právě BMC (tukuprostá hmota = štíhlá tělesná hmota + BMC). U průměrné tělesné hmotnosti byly difference mezi přístroji relativně malé (0,47 kg) naopak u absolutního zastoupení tělesného tuku vykazovaly rozdíly mezi přístroji již vyšší hodnoty (1,86 kg). Další rozdíl pozorujeme u procentuálních hodnot tělesného tuku, kde ženy nedosahovaly u přístroje InBody 720 hranice obezity (> 35 %), u přístroje DXA byla hranice jasně překročena.

Součástí tabulky 12 je i hodnocení průměrných hodnot BMD bederní páteře, proximálního femuru a celotělového BMD. U bederní páteře pozorujeme nejnižší průměrné hodnoty  $T$ -skóre blíží se hranici osteopenie (-0,94). V této oblasti páteře nalézáme i nejnižší hodnotu  $T$ -skóre vůbec, (-3,50) značící těžkou osteoporózu. Osteoporotické hodnoty jsme zjistili i u minima  $T$ -skóre proximálního femuru a celotělového  $T$ -skóre.

Posledním parametrem, který v této práci hodnotíme, je pohybová aktivita. Podle průměrného počtu kroků za den hodnotíme ženy jako méně pohybově aktivní (< 10 000 kroků/den).

**Tabulka 12.** Průměrné hodnoty sledovaných somatických parametrů měřených na přístroji InBody 720 a DXA ( $n = 167$ )

kategorie	$\bar{x}$	s	max	–	min
<b>Základní parametry</b>					
Věk (roky)	62,91	5,09	50,00	–	77,00
Věk menopauzy (roky)	50,95	3,31	44,00	–	58,00
Věk od menopauzy (roky)	11,96	6,28	1,00	–	28,00
Tělesná výška (cm)	161,66	5,92	146,00	–	179,00
<b>Tělesné složení</b>					
Tělesná hmotnost <sub>DXA</sub> (kg)	69,91	11,46	44,70	–	101,90
Tělesná hmotnost <sub>InBody</sub> (kg)	69,44	11,94	42,40	–	101,30
Tělesný tuk <sub>DXA</sub> (kg)	26,50	8,66	8,20	–	49,32
Tělesný tuk <sub>InBody</sub> (kg)	24,64	9,10	6,90	–	52,10
Tělesný tuk <sub>DXA</sub> (%)	37,04	7,08	14,98	–	53,05
Tělesný tuk <sub>InBody</sub> (%)	34,48	7,63	15,50	–	53,17
Tukuprostá hmota <sub>DXA</sub> (kg)	43,40	4,55	31,83	–	57,57
Tukuprostá hmota <sub>InBody</sub> (kg)	44,79	4,81	31,90	–	57,50
Štíhlá tělesná hmotnost <sub>DXA</sub> (kg)	41,06	4,37	30,30	–	54,69
Štíhlá tělesná hmotnost <sub>InBody</sub> (kg)	38,33	4,70	25,34	–	50,83
<b>Tělesné indexy</b>					
BMI <sub>DXA</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	26,75	4,16	18,43	–	39,85
BMI <sub>InBody</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	26,55	4,35	18,11	–	40,00
BFMI <sub>DXA</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	10,14	3,29	3,11	–	19,54
BFMI <sub>InBody</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	9,22	3,77	0,00	–	21,27
FFMI <sub>DXA</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	16,60	1,44	12,74	–	21,26
FFMI <sub>InBody</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	16,70	2,92	0,00	–	20,50
<b>Kostní tkáň</b>					
BMC <sub>DXA</sub> (kg)	2,34	0,34	15,33	–	32,45
BMC <sub>InBody</sub> (kg)	2,62	0,29	1,86	–	3,41
$T$ -skóre <sub>L</sub>	-0,94	1,22	-3,50	–	2,60
$T$ -skóre <sub>F</sub>	-0,55	0,90	-2,80	–	1,70
$T$ -skóre <sub>C</sub>	-0,11	1,12	-2,60	–	2,20
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub> BMD (g/cm <sup>2</sup> )	1,07	0,15	0,76	–	1,49
Proximální femur BMD (g/cm <sup>2</sup> )	0,94	0,11	0,66	–	1,22
Celotělové BMD (g/cm <sup>2</sup> )	1,12	0,09	0,92	–	1,30
<b>Pohybová aktivita</b>					
Počet kroků/den	9 892	2 945	19 960	–	3 509

*poznámka:*  $\bar{x}$  - aritmetický průměr, s – směrodatná odchylka, BMI – body mass index, BFMI – body fat mass index, FFMI – fat-free mass index, BMC – celkový obsah kostních minerálů,  $T$ -skóre<sub>L</sub> –  $T$ -skóre lumbální oblasti páteře (L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub>),  $T$ -skóre<sub>F</sub> –  $T$ -skóre proximálního femuru,  $T$ -skóre<sub>C</sub> – celotělové  $T$ -skóre.

## 5.2 Analýza rozdílů jednotlivých parametrů měřených přístroji InBody 720 a DXA mezi věkovými kategoriemi

**Tabulka 13.** Analýza rozdílů vybraných charakteristik měřených na přístroji InBody 720 mezi jednotlivými věkovými kategoriemi (n = 167)

	50–59 let SUB <sub>50–59</sub> n = 38				60–69 let SUB <sub>60–69</sub> n = 113				70–79 let SUB <sub>70–79</sub> n = 16			F	p	$\eta^2$
	$\bar{x}$	$\pm$ s			$\bar{x}$	$\pm$ s			$\bar{x}$	$\pm$ s				
<b>Základní parametry</b>														
Věk (roky)	56,16	$\pm$ 2,93	**	63,87	$\pm$ 2,55	**	72,13	$\pm$ 2,03		236,77*	0,00	0,74		
Věk menopauzy (roky)	50,66	$\pm$ 2,88		51,12	$\pm$ 3,50		50,44	$\pm$ 2,90		0,48	0,62	0,01		
Věk od menopauzy (roky)	5,50	$\pm$ 3,72	**	12,76	$\pm$ 4,85	**	21,69	$\pm$ 3,86		77,29*	0,00	0,49		
<b>Tělesné složení</b>														
Tělesná výška (cm)	163,21	$\pm$ 6,68		161,62	$\pm$ 5,74	*	158,27	$\pm$ 3,67		4,06*	0,02	0,05		
Tělesná hmotnost (kg)	67,91	$\pm$ 12,04		69,16	$\pm$ 11,44		75,21	$\pm$ 14,31		2,12	0,12	0,03		
Tělesný tuk (kg)	22,56	$\pm$ 8,68		24,28	$\pm$ 8,40	**	32,47	$\pm$ 11,46		7,10*	0,00	0,08		
Tělesný tuk (%)	32,26	$\pm$ 7,58		34,21	$\pm$ 7,00	**	41,94	$\pm$ 8,21		9,76*	0,00	0,11		
Tukuprostá hmota (kg)	45,34	$\pm$ 5,49		44,89	$\pm$ 4,59		42,76	$\pm$ 4,46		1,61	0,20	0,02		
Štíhlá tělesná hmota (kg)	38,64	$\pm$ 5,25		38,40	$\pm$ 4,54		37,09	$\pm$ 4,56		0,61	0,54	0,01		
Intracelulární voda (l)	20,52	$\pm$ 2,46		20,27	$\pm$ 2,06		19,19	$\pm$ 2,03		2,11	0,12	0,03		
Extracelulární voda (l)	12,76	$\pm$ 1,59		12,70	$\pm$ 1,35		12,29	$\pm$ 1,31		0,67	0,51	0,01		
Celková tělesná voda (l)	33,28	$\pm$ 4,02		32,96	$\pm$ 3,38		31,47	$\pm$ 3,32		1,46	0,23	0,02		
Viscerální tuk (cm <sup>2</sup> )	112,18	$\pm$ 32,93		124,35	$\pm$ 31,81	**	161,69	$\pm$ 39,52		12,28*	0,00	0,13		
Proteiny (kg)	8,86	$\pm$ 1,06		8,77	$\pm$ 0,89		8,29	$\pm$ 0,87		2,10	0,13	0,03		
Minerály (kg)	3,20	$\pm$ 0,41		3,15	$\pm$ 0,33		2,99	$\pm$ 0,30		2,10	0,13	0,03		
BMC (kg)	2,66	$\pm$ 0,34		2,62	$\pm$ 0,27		2,47	$\pm$ 0,25		2,52	0,08	0,03		
<b>Tělesné indexy</b>														
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25,44	$\pm$ 4,11		26,45	$\pm$ 4,07	**	30,00	$\pm$ 5,46		6,33*	0,00	0,07		
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	8,25	$\pm$ 3,50		9,13	$\pm$ 3,40	**	12,14	$\pm$ 5,45		6,50*	0,00	0,07		
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	16,52	$\pm$ 3,06		16,85	$\pm$ 2,61		15,99	$\pm$ 4,47		0,70	0,50	0,01		
WHR	0,94	$\pm$ 0,06	*	0,96	$\pm$ 0,05	**	1,03	$\pm$ 0,07		12,26*	0,00	0,13		
<b>Pohybová aktivita</b>														
Počet kroků/den	10 538	$\pm$ 3 773		10 089	$\pm$ 3 338	**	7 181	$\pm$ 2 867		5,90*	0,00	0,07		

*poznámka:* rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny jednofaktorovou analýzou variance, pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ). BMC – celkový obsah minerálů, BMI – body mass index, BFMI – body fat mass index, FFMI – fat-free mass index, WHR – poměr pas/boky

Ve druhé kapitole jsou prezentovány výsledky tělesného složení související s věkem a typem přístroje. Tabulka 13 demonstruje naměřené hodnoty pomocí přístroje InBody 720. Z tabulky vyplývá, že s přibývajícím věkem dochází k signifikantnímu snížení tělesné výšky ( $p = 0,02$ ;  $\eta^2 = 0,05$ ) mezi SUB<sub>60-69</sub> a SUB<sub>70-79</sub>. Mezi stejnými kategoriemi jsme naopak zaznamenali signifikantní nárůst ( $p < 0,01$ ) obou proměnných tělesného tuku ( $\eta^2 = 0,08$ ;  $\eta^2 = 0,11$ ), viscerálního tuku ( $\eta^2 = 0,13$ ), BMI ( $\eta^2 = 0,07$ ), BFMI ( $\eta^2 = 0,07$ ) a WHR ( $\eta^2 = 0,13$ ). Procentuální vyjádření tělesného tuku vykazovalo ve třetí kategorii SUB<sub>70-79</sub> hodnot obezity (> 35 %) dle Heywarda a Wagnera (2004), což potvrzují i hodnoty BMI (> 30,0). Přístroj InBody 720 nabízí mimo jiné i měření viscerálního tuku. Všechny tři věkové kategorie shodně vykazují podle viscerálního tuku abdominální obezitu (> 100 cm<sup>2</sup>). Vyšší zastoupení tělesného tuku potvrzuje i WHR index, jehož hodnoty dosahují u druhé a třetí věkové kategorie extrémní obezity (> 0,95). Ontogenetický trend poklesu vykazovala mimo tělesnou výšku také tělesná voda, proteiny, minerály i celkové množství kostních minerálů (BMC) – bez signifikance.

Průměrným hodnotám jednotlivých věkových kategorií měřeným na přístroji DXA se věnuje tabulka 14. Software tohoto přístroje neumožňuje měření ani odhad tělesné vody. Podobně jako v předchozí tabulce nalézáme nejvíce signifikantních rozdílů (u stejných parametrů) mezi kategorií SUB<sub>60-69</sub> a SUB<sub>70-79</sub> a rovněž pozorujeme nesignifikantní nárůst tělesné hmotnosti s přibývajícím věkem. I přes rozčlenění mezi jednotlivé věkové kategorie jsou znovu pozorovány difference mezi parametry měřenými přístrojem InBody 720 a přístrojem DXA. Přístroj InBody 720 nadhodnocuje ve všech věkových kategoriích obsah kostních minerálů (BMC) ve srovnání s přístrojem DXA. Co se týče tělesného tuku (%) dosahují data přístroje DXA vyšších hodnot ve všech věkových kategoriích. Relativní shodu obou přístrojů nalézáme u indexu BMI v nejstarší věkové kategorii (BMI zde dosahuje hranice obezity).

Pokud se budeme věnovat parametru pohybové aktivity, zjistíme, že do 70. roku jsou ženy schopny vykonávat doporučení 10 000 kroků denně, které v poslední věkové kategorii již nejsou schopny plnit.



**Tabulka 14.** Analýza rozdílů vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA mezi jednotlivými věkovými kategoriemi ( $n = 167$ )

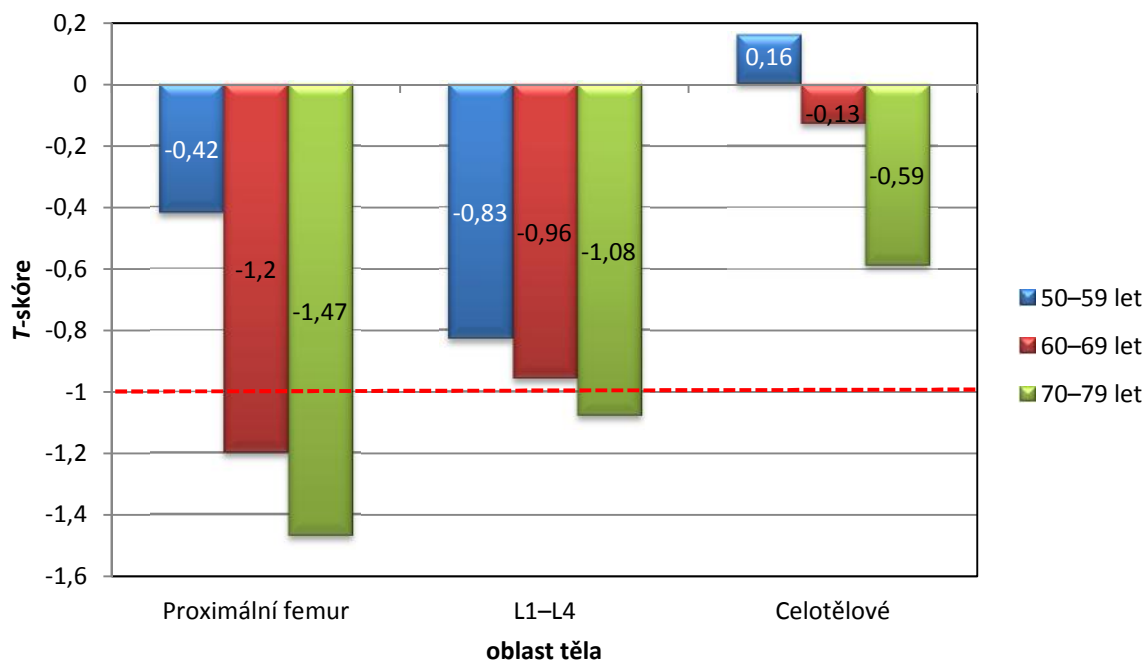
	50–59 let SUB <sub>50–59</sub> n = 38			60–69 let SUB <sub>60–69</sub> n = 113			70–79 let SUB <sub>70–79</sub> n = 16		F	p	$\eta^2$
	$\bar{x}$	$\pm s$		$\bar{x}$	$\pm s$		$\bar{x}$	$\pm s$			
<b>Základní parametry</b>											
Věk (roky)	56,16	$\pm 2,93$	**	63,87	$\pm 2,55$	**	72,13	$\pm 2,03$	236,77*	0,00	0,74
Věk menopauzy (roky)	50,66	$\pm 2,88$		51,12	$\pm 3,50$		50,44	$\pm 2,90$	0,48	0,62	0,01
Věk od menopauzy (roky)	5,50	$\pm 3,72$	**	12,76	$\pm 4,85$	**	21,69	$\pm 3,86$	77,29*	0,00	0,49
<b>Tělesné složení</b>											
Tělesná výška (cm)	163,21	$\pm 6,68$		161,62	$\pm 5,74$	*	158,27	$\pm 3,67$	4,06*	0,02	0,05
Tělesná hmotnost (kg)	68,58	$\pm 11,63$		69,62	$\pm 11,05$		75,09	$\pm 13,20$	1,95	0,15	0,02
Tělesný tuk (kg)	25,12	$\pm 8,71$		26,11	$\pm 8,25$	**	32,58	$\pm 9,51$	4,74*	0,01	0,05
Tělesný tuk (%)	35,76	$\pm 7,60$		36,69	$\pm 6,71$	**	42,58	$\pm 6,20$	5,99*	0,00	0,07
Tukuprostá hmota (kg)	43,47	$\pm 5,27$		43,51	$\pm 4,29$		42,50	$\pm 4,71$	0,34	0,71	0,00
Tukuprostá hmota (%)	64,25	$\pm 7,61$		63,31	$\pm 6,71$	**	57,41	$\pm 6,20$	6,02*	0,00	0,02
Štíhlá tělesná hmota (kg)	41,07	$\pm 5,08$		41,17	$\pm 4,12$		40,25	$\pm 4,50$	0,31	0,74	0,00
Štíhlá tělesná hmota (%)	60,72	$\pm 7,42$		59,91	$\pm 6,52$	**	54,38	$\pm 6,02$	5,52*	0,00	0,06
BMC (kg)	2,40	$\pm 0,34$		2,34	$\pm 0,33$		2,25	$\pm 0,30$	1,07	0,34	0,01
<b>Tělesné indexy</b>											
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25,72	$\pm 3,97$		26,64	$\pm 3,91$	**	29,94	$\pm 5,05$	6,28*	0,00	0,07
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	9,43	$\pm 3,25$		9,98	$\pm 3,06$	**	12,99	$\pm 3,73$	7,55*	0,00	0,08
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	16,30	$\pm 1,46$		16,66	$\pm 1,40$		16,95	$\pm 1,67$	1,40	0,25	0,02
<b>Pohybová aktivita</b>											
Počet kroků/den	10 538	$\pm 3 773$		10 089	$\pm 3 338$	**	7 181	$\pm 2 867$	5,90*	0,00	0,07

*poznámka:* rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny jednofaktorovou analýzou variance, pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ). BMC – celkový obsah minerálů, BMI – body mass index, BFMI – body fat mass index, FFMI – fat-free mass index, WHR – poměr pas/boky

### 5.3 Analýza změn kostní denzity s věkem

Při porovnání *T*-skóre sledovaných segmentů těla (obrázek 33) je zřejmé zhoršení stavu kostní tkáně směrem ke starším věkovým kategoriím. V nejmladší sledované kategorii se nejhůřejevila oblast bederní páteře s postupným zhoršením. Nejvýraznější úbytek (o 1 směrodatnou odchylku) během 30 let můžeme sledovat u proximálního femuru. Zmíněné oblasti mimo jiné přesáhly hranici osteopenie již v kategorii 60–69 let ( $L_1$ – $L_4$  pouze -0,96 směrodatné odchylky). Nejlepší hodnoty vykazovalo celotělové *T*-skóre, které dosáhlo záporných hodnot až ve druhé věkové kategorii.

**Obrázek 33.** Porovnání výsledného *T*-skóre měřených segmentů v závislosti na věkových kategoriích



*poznámka:* červená linie vymezuje hranici *T*-skóre značící osteopenii

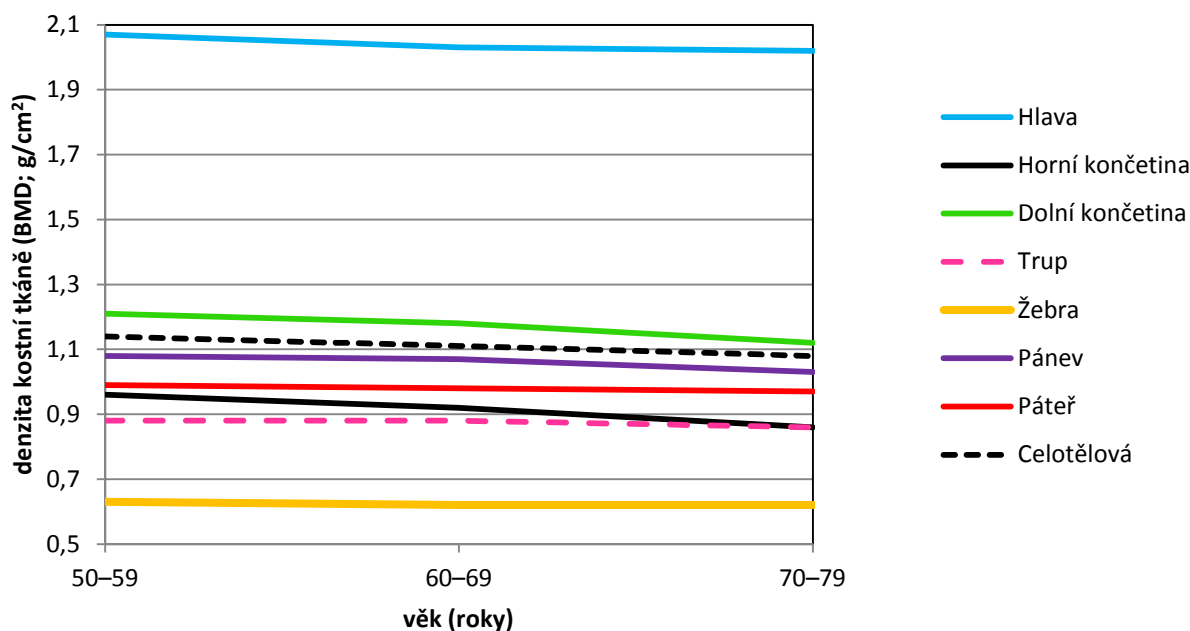
Přístroj DXA umožňuje měření kostních parametrů v rámci celého těla i jednotlivých segmentů. V tabulce 15 jsou uvedeny průměrné hodnoty kostních parametrů u vybraných segmentů těla. Nejvyšších hodnot BMD dosahovaly kosti lebky ( $> 2,00 \text{ g/cm}^2$ ) ve všech věkových kategoriích. Právě pro speciální strukturu diploe dosahuje lebka nejvyšší denzity. Tento fakt pozitivně ovlivňuje celotělovou denzitu, pokud je měřen i segment hlavy. Nejnižší denzita ( $\leq 0,63 \text{ g/cm}^2$ ) a BMC ( $\leq 0,19 \text{ kg}$ ) byla zjištěna naopak u žeber (tabulka 15). Poměrně stabilní se

jevily úbytky kostní denzity mezi věkovými kategoriemi s výjimkou horních a dolních končetin, jejichž úbytky jsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ). Obdobný trend můžeme sledovat i u celkových kostních minerálů (BMC). Software přístroje poskytuje pouze celotělové  $T$ -skóre z uvedených segmentů, jehož hodnoty se pohybovaly u nejmladší věkové kategorie (SUB<sub>50-59</sub>) dokonce v kladných hodnotách ( $0,16 \pm 1,20$ ). Je však důležité podotknout, že denzita lebečních kostí navyšuje celotělové  $T$ -skóre, a proto je nutné posuzovat stav kostní tkáně na úrovni jednotlivých segmentů (obrázek 34). Při pohledu na kostní minerály se jevil nejlépe segment dolních končetin a trupu.

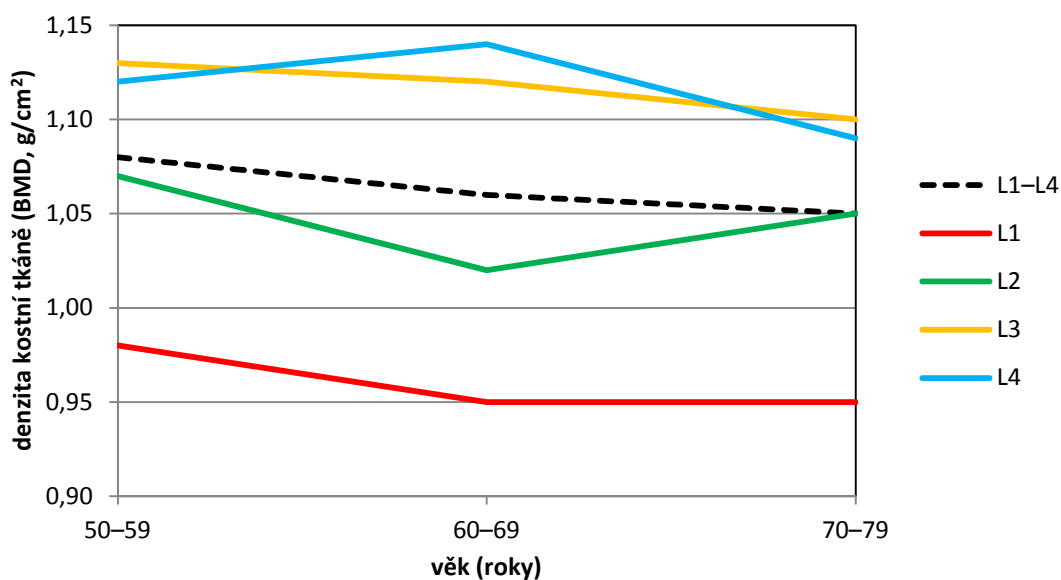
**Tabulka 15.** Analýza rozdílu vybraných charakteristik kostní tkáně tělesných segmentů měřených na přístroji DXA mezi jednotlivými věkovými kategoriemi ( $n = 167$ )

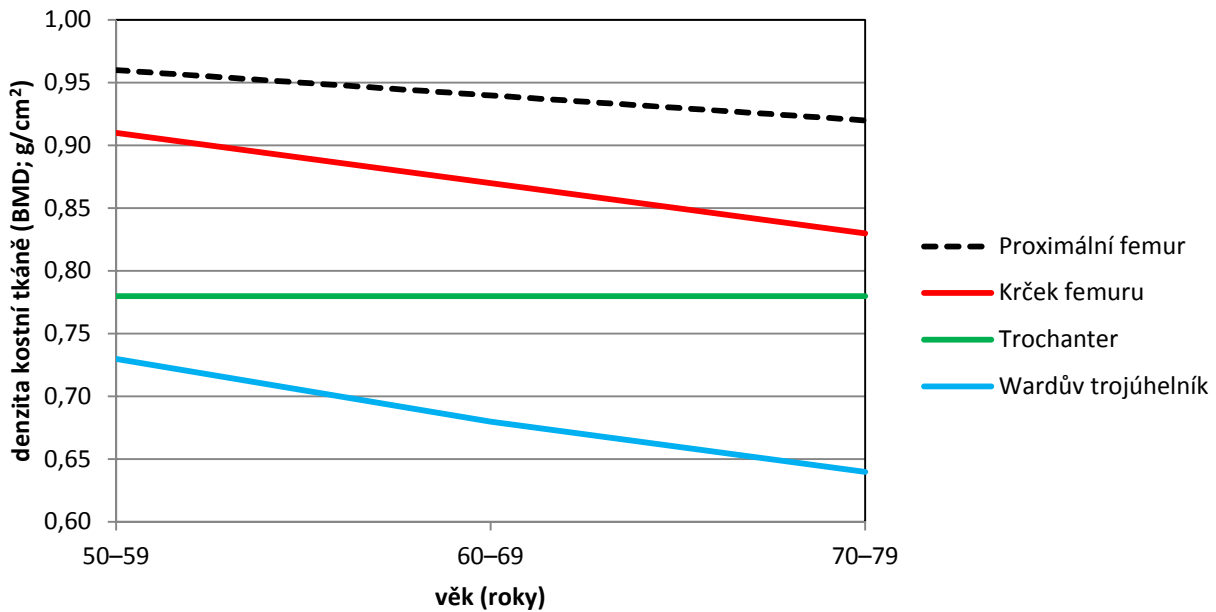
	50–59 let SUB <sub>50-59</sub> n = 38			60–69 let SUB <sub>60-69</sub> n = 113			70–79 let SUB <sub>70-79</sub> n = 16			F	p	$\eta^2$
	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s			
<b>BMD (g/cm<sup>2</sup>)</b>												
Hlava	2,07	$\pm$	0,32	2,03	$\pm$	0,29	2,02	$\pm$	0,30	0,29	0,75	0,00
Horní končetiny	0,96	$\pm$	0,10	0,92	$\pm$	0,10	0,86	$\pm$	0,08	5,83*	0,00	0,07
Dolní končetiny	1,21	$\pm$	0,12	1,18	$\pm$	0,09	1,12	$\pm$	0,09	4,72*	0,01	0,05
Trup	0,88	$\pm$	0,06	0,88	$\pm$	0,07	0,86	$\pm$	0,08	0,36	0,70	0,00
Žebra	0,63	$\pm$	0,04	0,62	$\pm$	0,05	0,62	$\pm$	0,04	0,10	0,90	0,00
Pánev	1,08	$\pm$	0,08	1,07	$\pm$	0,10	1,03	$\pm$	0,09	1,41	0,25	0,02
Páteř	0,99	$\pm$	0,10	0,98	$\pm$	0,11	0,97	$\pm$	0,11	0,32	0,73	0,00
Celotělové	1,14	$\pm$	0,10	1,11	$\pm$	0,09	1,08	$\pm$	0,08	2,64	0,07	0,03
<b>BMC (kg)</b>												
Hlava	0,45	$\pm$	0,07	0,44	$\pm$	0,07	0,42	$\pm$	0,07	1,15	0,32	0,01
Horní končetiny	0,30	$\pm$	0,04	0,28	$\pm$	0,04	0,26	$\pm$	0,03	6,56*	0,00	0,07
Dolní končetiny	0,95	$\pm$	0,16	0,92	$\pm$	0,14	0,90	$\pm$	0,13	0,83	0,44	0,01
Trup	0,70	$\pm$	0,13	0,71	$\pm$	0,14	0,67	$\pm$	0,12	0,40	0,67	0,00
Žebra	0,19	$\pm$	0,05	0,19	$\pm$	0,06	0,18	$\pm$	0,04	0,38	0,69	0,00
Pánev	0,28	$\pm$	0,05	0,29	$\pm$	0,06	0,26	$\pm$	0,06	1,22	0,30	0,01
Páteř	0,23	$\pm$	0,04	0,23	$\pm$	0,04	0,23	$\pm$	0,04	0,01	1,00	0,00
Celotělové	2,40	$\pm$	0,36	2,34	$\pm$	0,33	2,25	$\pm$	0,30	0,04	0,96	0,03
<b>T-skóre</b>												
Celotělové	0,16	$\pm$	1,20	-0,13	$\pm$	1,09	-0,59	$\pm$	0,99	2,67	0,07	0,01

*poznámka:* rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny jednofaktorovou analýzou variance, pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test ( $*p < 0,05$ ). BMD – denzita kostní tkáně, BMC – celkový obsah kostního minerálu.

**Obrázek 34.** Změna denzity kostní tkáně měřených segmentů těla s přibývajícím věkem

Při podrobném sledování lumbálních obratlů dle věkových kategorií jsme zjistili pozvolný úbytek kostní denzity s přibývajícím věkem (obrázek 35). Můžeme pozorovat podobný trend jako u referenčních hodnot populace NHANES 2005–2008. První obratel lumbální páteře vykazoval standardně nejnižší hodnoty, třetí a čtvrtý obratel dosahoval nejvyšších hodnot. Při sledování ontogenetických změn proximálního femuru se nejhůře (s progresivním úbytkem) jevil Wardův trojúhelník. Ze sledovaných oblastí proximálního femuru vykazoval nejvyšší hodnoty kostní denzity krček femuru (obrázek 36).

**Obrázek 35.** Změna denzity kostní tkáně lumbální páteře s přibývajícím věkem

**Obrázek 36.** Změna denzity kostní tkáně proximálního femuru s přibývajícím věkem

Změny naměřených hodnot v kostní tkáni lumbální páteře zobrazuje tabulka 16, ve které jsou uvedeny rozdíly v parametrech u jednotlivých věkových kategorií. Pokud vezmeme v úvahu hodnoty  $L_1$ – $L_4$  vyjádřené pomocí  $T$ -skóre zjistíme, že ženy starší 60 let se pohybovaly již na hranici osteopenie. Osteopenických hodnot  $T$ -skóre dosahoval u bederní páteře také první ( $-1,27 \pm 1,20$ ) a druhý obratel ( $-1,11 \pm 1,20$ ) a to již v nejmladší kategorii, kde lze diagnostikovat již rozvinutou osteopenii. U těchto obratlů jsme mimo jiné naměřili nejnižší hodnoty kostní denzity (BMD) a kostních minerálů (BMC).

Úbytek kostní tkáně měřených obratlů mezi věkovými kategoriemi nebyl statisticky významný. Statisticky významné změny jsou zaznamenány pouze mezi nejmladší ( $SUB_{50-59}$ ) a nejstarší ( $SUB_{70-79}$ ) věkovou kategorií u šířky  $L_1$  a  $L_3$  obratle ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ) a u plochy obratle  $L_1$  ( $p < 0,01$ ). Z tabulky 16 je patrné, že s věkem dochází ke snižování výšky těl některých obratlů (nejvíce u  $L_4$  o 0,12 cm) a naopak k nárůstu jejich šířky (u  $L_3$  o 0,22 cm) a plochy (u  $L_1$  o 0,9 cm<sup>2</sup>). To je pravděpodobně dáno deformitou těl obratlů způsobené věkovými změnami. Hodnoty  $\eta^2$  (effect size) dosahují pouze malého efektu ( $< 0,06$ ).

**Tabulka 16.** Analýza rozdílů kostní tkáně lumbální oblasti páteře měřených na přístroji DXA mezi jednotlivými věkovými kategoriemi (n = 167)

	50–59 let SUB <sub>50–59</sub> n = 38			60–69 let SUB <sub>60–69</sub> n = 113			70–79 let SUB <sub>70–79</sub> n = 16			F	p	η <sup>2</sup>
	$\bar{x}$	± s		$\bar{x}$	± s		$\bar{x}$	± s				
<b>T-skóre</b>												
L <sub>1</sub>	-1,27	± 1,20		-1,54	± 1,03		-1,52	± 1,38		0,85	0,43	0,01
L <sub>2</sub>	-1,11	± 1,18		-1,50	± 1,22		-1,28	± 1,47		1,45	0,24	0,02
L <sub>3</sub>	-0,55	± 1,35		-0,70	± 1,40		-0,86	± 1,46		0,31	0,73	0,00
L <sub>4</sub>	-0,69	± 1,36		-0,48	± 1,56		-0,89	± 1,62		0,66	0,52	0,01
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub>	-0,83	± 1,18		-0,96	± 1,22		-1,08	± 1,41		0,27	0,76	0,00
<b>BMD (g/cm<sup>2</sup>)</b>												
L <sub>1</sub>	0,98	± 0,14		0,95	± 0,12		0,95	± 0,17		0,89	0,41	0,01
L <sub>2</sub>	1,07	± 0,14		1,02	± 0,15		1,05	± 0,18		1,40	0,25	0,02
L <sub>3</sub>	1,13	± 0,16		1,12	± 0,17		1,10	± 0,18		0,31	0,73	0,00
L <sub>4</sub>	1,12	± 0,16		1,14	± 0,19		1,09	± 0,19		0,66	0,52	0,01
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub>	1,08	± 0,14		1,06	± 0,14		1,05	± 0,17		0,28	0,76	0,00
<b>BMC (g)</b>												
L <sub>1</sub>	10,94	± 2,00		10,94	± 1,91		11,50	± 2,72		0,57	0,57	0,01
L <sub>2</sub>	13,35	± 2,67		12,81	± 2,61		13,23	± 2,43		0,66	0,52	0,01
L <sub>3</sub>	15,54	± 2,82		15,42	± 2,99		15,39	± 3,17		0,02	0,98	0,00
L <sub>4</sub>	17,37	± 3,72		17,82	± 3,82		16,79	± 3,39		0,62	0,54	0,01
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub>	57,19	± 10,12		56,99	± 10,19		56,91	± 10,81		0,01	0,99	0,00
<b>Výška obratle (cm)</b>												
L <sub>1</sub>	3,05	± 0,23		3,09	± 0,24		3,12	± 0,19		0,54	0,58	0,01
L <sub>2</sub>	3,31	± 0,28		3,25	± 0,24		3,21	± 0,22		1,26	0,29	0,02
L <sub>3</sub>	3,44	± 0,23		3,39	± 0,21		3,36	± 0,23		1,13	0,33	0,01
L <sub>4</sub>	3,44	± 0,28		3,42	± 0,31		3,32	± 0,28		0,96	0,39	0,01
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub>	13,25	± 0,72		13,15	± 0,64		13,00	± 0,54		0,83	0,44	0,01
<b>Šířka obratle (cm)</b>												
L <sub>1</sub>	*	3,66	± 0,25	3,74	± 0,28		3,86	± 0,27		3,32*	0,04	0,04
L <sub>2</sub>		3,76	± 0,24	3,85	± 0,26		3,94	± 0,27		2,97	0,05	0,04
L <sub>3</sub>	**	3,96	± 0,24	4,06	± 0,26		4,18	± 0,30		4,08*	0,02	0,05
L <sub>4</sub>		4,49	± 0,38	4,56	± 0,35		4,64	± 0,36		0,95	0,39	0,01
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub>		3,98	± 0,26	4,05	± 0,25		4,14	± 0,26		2,64	0,07	0,03
<b>Plocha obratle (cm<sup>2</sup>)</b>												
L <sub>1</sub>	**	11,16	± 1,11	11,55	± 1,15		12,06	± 1,31		3,58*	0,03	0,04
L <sub>2</sub>		12,49	± 1,64	12,50	± 1,25		12,66	± 1,41		0,10	0,91	0,00
L <sub>3</sub>		13,67	± 1,47	13,78	± 1,31		13,96	± 1,30		0,27	0,76	0,00
L <sub>4</sub>		15,46	± 1,90	15,58	± 1,87		15,35	± 1,46		0,13	0,88	0,00
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub>		52,77	± 5,39	53,40	± 4,43		54,03	± 4,32		0,46	0,63	0,01

*poznámka:* rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny jednofaktorovou analýzou variance, pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test (\*p < 0,05; \*\*p < 0,01). BMD – denzita kostní tkáně, BMC – celkový obsah kostního minerálu.

Výsledky, které představujeme v tabulce 17, umožňují posoudit s věkem související změny v parametrech proximálního femuru. U těchto parametrů se projevuje ve všech věkových kategoriích hodnot osteopenie pouze u Wardova trojúhelníku ( $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,05$ ), se statisticky významným úbytkem mezi první (SUB<sub>50–59</sub>) a druhou (SUB<sub>60–69</sub>) kategorií. Celkově se  $T$ -skóre proximálního femuru pohybuje v normálních hodnotách s pozvolným zhoršením směrem ke starší věkové kategorii. U BMD byly nalezeny statisticky významné úbytky ve shodném trendu jako u  $T$ -skóre. Nejvýznamnější úbytek se projevil u denzity Wardova trojúhelníku ( $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,05$ ). Wardův trojúhelník obecně vykazuje ze všech parametrů proximálního femuru nejnižší hodnoty. Mezi první a druhou věkovou kategorií došlo naopak k signifikantnímu ( $p < 0,05$ ) nárůstu plochy trochanteru (o 1,15 cm<sup>2</sup>) a plochy celkového proximálního femuru (o 1,53 cm<sup>2</sup>).

**Tabulka 17.** Analýza rozdílu kostní tkáně proximálního femuru měřených na přístroji DXA mezi jednotlivými věkovými kategoriemi ( $n = 167$ )

	50–59 let SUB <sub>50–59</sub> n = 38			60–69 let SUB <sub>60–69</sub> n = 113			70–79 let SUB <sub>70–79</sub> n = 16			F	p	$\eta^2$	
	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s				
<b>T-skóre</b>													
Krček femuru	-0,90	$\pm$	0,88	*	-1,20	$\pm$	0,71	-1,47	$\pm$	0,60	3,86*	0,02	0,04
Trochanter	-0,66	$\pm$	0,94		-0,58	$\pm$	0,93	-0,64	$\pm$	0,90	0,10	0,90	0,00
Wardův trojúhelník	-1,40	$\pm$	1,01	*	-1,81	$\pm$	0,80	-2,07	$\pm$	0,71	4,68*	0,01	0,05
Proximální femur	-0,42	$\pm$	0,97		-0,57	$\pm$	0,88	-0,72	$\pm$	0,86	0,73	0,48	0,01
<b>BMD (g/cm<sup>2</sup>)</b>													
Krček femuru	0,91	$\pm$	0,12	*	0,87	$\pm$	0,10	0,83	$\pm$	0,08	3,72*	0,03	0,04
Trochanter	0,78	$\pm$	0,11		0,78	$\pm$	0,11	0,78	$\pm$	0,10	0,10	0,91	0,00
Wardův trojúhelník	0,73	$\pm$	0,13	**	0,68	$\pm$	0,10	0,64	$\pm$	0,09	4,71*	0,01	0,05
Proximální femur	0,96	$\pm$	0,12		0,94	$\pm$	0,11	0,92	$\pm$	0,11	0,74	0,48	0,01
<b>BMC (g)</b>													
Krček femuru	4,39	$\pm$	0,66		4,29	$\pm$	0,61	4,18	$\pm$	0,49	0,78	0,46	0,01
Trochanter	10,33	$\pm$	2,01		10,98	$\pm$	2,06	11,33	$\pm$	2,79	1,77	1,73	0,02
Wardův trojúhelník	1,88	$\pm$	0,41		1,83	$\pm$	0,43	1,79	$\pm$	0,31	0,37	0,69	0,00
Proximální femur	30,73	$\pm$	4,53		30,95	$\pm$	4,04	30,91	$\pm$	4,32	0,04	0,96	0,00
<b>Plocha (cm<sup>2</sup>)</b>													
Krček femuru	4,82	$\pm$	0,31		4,92	$\pm$	0,34	5,01	$\pm$	0,37	2,26	0,11	0,03
Trochanter	13,30	$\pm$	1,81	*	13,99	$\pm$	1,60	14,45	$\pm$	2,25	3,26*	0,04	0,04
Wardův trojúhelník	2,59	$\pm$	0,33		2,70	$\pm$	0,40	2,80	$\pm$	0,40	2,11	0,12	0,03
Proximální femur	32,13	$\pm$	2,36	*	33,04	$\pm$	1,94	33,66	$\pm$	2,02	4,03*	0,02	0,05

*poznámka:* rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny jednofaktorovou analýzou variance, pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ). BMD – denzita kostní tkáně, BMC – celkový obsah kostního minerálu.

Výstupy z nadcházejících tabulek (tabulka 18, tabulka 19, tabulka 20) poukazují na to, že u 51,5 % sledovaných postmenopauzálních žen se vyskytovala osteopenie lumbální páteře a u 32,3 % žen osteopenie proximálního femuru. Prevalence osteoporózy byla nižší (7,8 % u lumbální páteře a 1,2 % u proximálního femuru) než u osteopenie. V rámci celého těla činila prevalence osteopenie 22,4 % a prevalence osteoporózy pouze 0,9 %.

**Tabulka 18.** Absolutní a relativní zastoupení probandek denzitometrického vyšetření  $L_1-L_4$  ( $n = 167$ )

kategorie	zkratka	T-skóre	n	%
norma	$T\text{-skóre}_{1L}$	$> -1$	68	40,72
osteopenie	$T\text{-skóre}_{2L}$	$-1$ až $-2,5$	86	51,50
osteoporóza	$T\text{-skóre}_{3L}$	$< -2,5$	13	7,78

*poznámka:* hodnoty T-skóre dle WHO (2003)

**Tabulka 19.** Absolutní a relativní zastoupení probandek denzitometrického vyšetření T-skóre proximálního femuru ( $n = 167$ )

kategorie	zkratka	T-skóre	n	%
norma	$T\text{-skóre}_{1F}$	$> -1$	111	66,47
osteopenie	$T\text{-skóre}_{2F}$	$-1$ až $-2,5$	54	32,34
osteoporóza	$T\text{-skóre}_{3F}$	$< -2,5$	2	1,20

*poznámka:* hodnoty T-skóre dle WHO (2003)

**Tabulka 20.** Absolutní a relativní zastoupení probandek celotělového denzitometrického vyšetření ( $n = 167$ )

kategorie	zkratka	T-skóre	n	%
norma	$T\text{-skóre}_{1C}$	$> -1$	126	76,64
osteopenie	$T\text{-skóre}_{2C}$	$-1$ až $-2,5$	40	22,43
osteoporóza	$T\text{-skóre}_{3C}$	$< -2,5$	1	0,93

*poznámka:* hodnoty T-skóre dle WHO (2003)



#### 5.4 Analýza vybraných charakteristik tělesného složení u žen s kostní denzitou v normě a u žen s osteopenií případně osteoporózou

**Tabulka 21.** Analýza rozdílů vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA mezi kategoriemi na základě celotělového  $T$ -skóre ( $n = 166$ )

	> -1 $T$ -skóre $1_c$ $n = 126$		*	-1 až -2,5 $T$ -skóre $2_c$ $n = 40$		F	$p$	$\eta^2$
	$\bar{x}$	$\pm s$		$\bar{x}$	$\pm s$			
<b>Základní parametry</b>								
Věk (roky)	62,44	$\pm 5,14$	*	64,43	$\pm 5,14$	4,67	0,03	0,03
Věk menopauzy (roky)	50,86	$\pm 3,37$		51,25	$\pm 3,18$	0,42	0,52	0,00
Věk od menopauzy (roky)	11,59	$\pm 6,43$		13,18	$\pm 5,77$	1,94	0,17	0,01
<b>Tělesné složení</b>								
Tělesná výška (cm)	162,41	$\pm 5,89$	**	159,21	$\pm 5,47$	9,25	0,00	0,05
Tělesná hmotnost (kg)	72,19	$\pm 10,93$	**	62,91	$\pm 10,38$	22,45	0,00	0,12
Tělesný tuk (kg)	27,87	$\pm 8,60$	**	22,47	$\pm 7,52$	12,72	0,00	0,07
Tělesný tuk (%)	37,82	$\pm 7,07$	*	34,91	$\pm 6,52$	5,36	0,02	0,03
Tukuprostá hmota (kg)	44,32	$\pm 4,27$	**	40,43	$\pm 4,20$	25,43	0,00	0,13
Štíhlá tělesná hmota (kg)	41,85	$\pm 4,16$	**	38,47	$\pm 4,07$	20,26	0,00	0,11
Androidní oblast (kg)	5,74	$\pm 1,37$	**	4,98	$\pm 1,14$	9,98	0,00	0,06
BFM <sub>A</sub> (kg)	2,61	$\pm 1,05$	*	2,14	$\pm 0,92$	6,24	0,01	0,04
LBM <sub>A</sub> (kg)	3,08	$\pm 0,44$	**	2,79	$\pm 0,32$	14,63	0,00	0,08
Gynoidní oblast (kg)	11,36	$\pm 1,74$	**	10,10	$\pm 1,68$	16,15	0,00	0,09
BFM <sub>G</sub> (kg)	5,05	$\pm 1,43$	**	4,31	$\pm 1,18$	8,77	0,00	0,05
LBM <sub>G</sub> (kg)	6,06	$\pm 0,63$	**	5,58	$\pm 0,68$	16,68	0,00	0,09
<b>Tělesné indexy</b>								
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,41	$\pm 4,18$	**	24,76	$\pm 3,45$	13,17	0,00	0,07
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	10,60	$\pm 3,34$	**	8,82	$\pm 2,73$	9,41	0,00	0,05
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	16,81	$\pm 1,43$	**	15,94	$\pm 1,33$	11,64	0,00	0,07
<b>T-skóre</b>								
L <sub>1</sub> -L <sub>4</sub>	-0,59	$\pm 1,15$	**	-2,01	$\pm 0,68$	53,29	0,00	0,25
Proximální femur	-0,27	$\pm 0,80$	**	-1,40	$\pm 0,60$	67,51	0,00	0,29
Celotělové	0,37	$\pm 0,81$	**	-1,57	$\pm 0,38$	214,55	0,00	0,57
<b>Pohybová aktivita</b>								
Počet kroků/den	9 678	$\pm 3 406$		10 513	$\pm 3 801$	1,67	0,20	0,01

*poznámka:* rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny jednofaktorovou analýzou variance, pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test ( $*p < 0,05$ ;  $**p < 0,01$ ). BFM<sub>A</sub> – tělesný tuk v androidní oblasti, LBM<sub>A</sub> – štíhlá tělesná hmota v androidní oblasti, BFM<sub>G</sub> – tělesný tuk v gynoidní oblasti, LBM<sub>G</sub> – štíhlá tělesná hmotnost v gynoidní oblasti, BMI – body mass index, BFMI – body fat mass index, FFMI – fat-free mass index, BMC – celkový obsah kostních minerálů.

V první tabulce kapitoly 5.4 zjišťujeme vliv změny celotělového  $T$ -skóre měřeného přístrojem DXA na tělesné složení. Na konci tabulek uvádíme pro orientaci i změny počtu kroků při klesajícím  $T$ -skóre. Z tabulky 21 je zřejmý signifikantní úbytek ( $p < 0,05$  a  $p < 0,01$ ) u měřených tělesných parametrů mezi kategorií  $T$ -skóre $1_c$  a  $T$ -skóre $2_c$ . Rozdíly v měřených

parametrech jsou signifikantní téměř ve všech případech. Vzhledem k rozdělení kategorií podle celotělového  $T$ -skóre značí úbytek o jednu směrodatnou odchylku podstatnou změnu v tělesném složení. Na segmentální úrovni již nejsou změny tak zřetelné. Podle procentuálního zastoupení tělesného tuku lze říci, že obézní ženy podle (> 35 %) Heyward a Wagner (2004) mají celotělové  $T$ -skóre v kladných hodnotách naopak ženy s nižší hodnotou tělesného tuku (< 35 %) vykazují osteopenii v lumbální oblasti, v oblasti proximálního femuru i na základě celotělového  $T$ -skóre. Tělesné indexy vykazovaly také signifikantní úbytek, který se projevil především u BMI (o 2,65 kg/m<sup>2</sup>). Podle indexu BMI ženy s nadváhou měly lepší  $T$ -skóre než ženy s normálním BMI. Vyšší podíl tělesného tuku podle našich výsledků sice působí ve prospěch kostní denzity, ale při výpočtu BFMI vykazuje tukový podíl již vysoké zdravotní riziko (> 8,2 kg/m<sup>2</sup>). Z celého souboru ( $n = 167$ ) měla na základě celotělového  $T$ -skóre pouze jedna žena osteoporózu ( $T$ -skóre < -2,5). Kazuistika této ženy (viz kapitola 10).

Pokud jde o četnost, dominují ženy s normální denzitou ( $n = 126$ ). Tyto ženy jsou o 1,99 roku mladší. Tato diference se projevila statisticky významná. Ve věku od menopauzy se liší o 1,59 roku (bez statistické významnosti). U denzity sledujeme signifikantní diference ( $p < 0,01$ ) u bederní páteře, proximálního femuru a celotělové denzity.

Pokud analyzujeme vybrané proměnné pomocí  $T$ -skóre bederní páteře (tabulka 22) docházíme k následujícím výsledkům. Probandky s osteopenií byly nejpočetnější ( $n = 86$ ). Ženy s osteoporotickým stavem denzity měly signifikantně ( $p < 0,01$ ) nejdelší dobu od menopauzy, nejnižší tělesnou hmotnost, nejnižší množství podkožního tuku a tukuprosté hmoty (bez signifikance). Analogický trend tělesných parametrů i indexů jako u předchozí tabulky 21 sledujeme především mezi kategorií  $T$ -skóre<sub>2L</sub> a  $T$ -skóre<sub>3L</sub>. Mezi kategorií  $T$ -skóre<sub>1L</sub> a  $T$ -skóre<sub>2L</sub> došlo pouze k jednomu statisticky významnému úbytku ( $p < 0,05$ ) štíhlé tělesné hmoty v androidní oblasti. Androidní oblast je součástí trupu a právě v lumbální oblasti může mít úbytek štíhlé tělesné hmoty na svědomí snižující se denzitu obratlů.

V případě hodnocení objemu pohybové aktivity měly aktivní ženy (> 10 000 kroků/den) nižší denzitu než ženy méně aktivní. Ženy s normální denzitou vykazovaly nesignifikantně nižší pohybovou aktivitu. To potvrzuje i předchozí výzkum Kapuše, et al. (2010), kdy vyšší objem pohybové aktivity nesouvisí s vyšší denzitou kostní tkáně. Toto kritérium však při zvážení síly jednotlivých proměnných nehraje rozhodující roli.

**Tabulka 22.** Analýza rozdílů vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA na základě T-skóre lumbální páteře (n = 167)

	> -1 T-skóre1 <sub>L</sub> n = 68			-1 až -2,5 T-skóre2 <sub>L</sub> n = 86			< -2,5 T-skóre3 <sub>L</sub> n = 13		F	p	η <sup>2</sup>
	$\bar{x}$	± s		$\bar{x}$	± s		$\bar{x}$	± s			
<b>Základní parametry</b>											
Věk (roky)	61,90	± 5,20	*	63,77	± 5,10		63,00	± 3,52	2,60	0,08	0,03
Věk menopauzy (roky)	51,26	± 3,24		51,05	± 3,31		49,00	± 3,00	2,30	0,10	0,03
Věk od menopauzy (roky)	10,63	± 6,49	**	12,72	± 6,23		14,00	± 4,17	2,77	0,07	0,03
<b>Tělesné složení</b>											
Tělesná výška (cm)	163,04	± 6,00		160,95	± 5,63		159,90	± 6,02	3,07*	0,05	0,04
Tělesná hmotnost (kg)	71,14	± 9,57		70,47	± 12,56	**	58,24	± 7,87	6,54*	0,00	0,07
Tělesný tuk (kg)	26,85	± 7,79		27,32	± 9,20	**	17,87	± 5,26	6,21*	0,00	0,07
Tělesný tuk (%)	37,11	± 6,59		37,80	± 7,27	**	30,26	± 5,53	5,83*	0,00	0,07
Tukuprostá hmota (kg)	44,29	± 3,90		43,14	± 4,90		40,36	± 4,34	4,02*	0,02	0,05
Štíhlá tělesná hmota (kg)	41,74	± 3,80		40,91	± 4,71		38,45	± 4,21	2,87	0,06	0,03
Androidní oblast (kg)	5,65	± 1,31		5,65	± 1,39	**	4,25	± 0,82	5,73*	0,00	0,07
BFM <sub>A</sub> (kg)	2,54	± 1,00		2,58	± 1,07	**	1,50	± 0,59	5,64*	0,00	0,07
LBM <sub>A</sub> (kg)	3,05	± 0,42	*	3,02	± 0,45		2,72	± 0,33	2,93	0,06	0,03
Gynoidní oblast (kg)	11,12	± 1,55		11,20	± 1,95	**	9,35	± 1,47	5,49*	0,00	0,06
BFM <sub>G</sub> (kg)	4,82	± 1,32		5,02	± 1,46	**	3,73	± 0,92	4,32*	0,01	0,05
LBM <sub>G</sub> (kg)	6,04	± 0,60		5,95	± 0,70	*	5,42	± 0,70	4,18*	0,02	0,05
<b>Tělesné indexy</b>											
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,81	± 3,75		27,17	± 4,45	**	22,72	± 2,30	5,86*	0,00	0,07
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	10,14	± 3,03		10,53	± 3,47	**	6,95	± 1,80	6,04*	0,00	0,07
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	16,67	± 1,30		16,64	± 1,52		15,77	± 1,32	2,00	0,14	0,02
<b>T-skóre</b>											
L <sub>1</sub> -L <sub>4</sub>	0,27	± 0,84	**	-1,66	± 0,43	**	-2,82	± 0,30	233,24*	0,00	0,74
Proximální femur	0,00 <sup>†</sup>	± 0,76	**	-0,87	± 0,78		-1,35	± 0,56	31,77*	0,00	0,28
Celotělové	0,72	± 0,78	**	-0,54	± 0,89	**	-1,67	± 0,72	64,04*	0,00	0,44
<b>Pohybová aktivita</b>											
Počet kroků/den	9 671	± 3 232		9 651	± 3 519	**	13 161	± 3 740	5,35*	0,01	0,07

poznámka: <sup>†</sup>0,00441. Rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny jednofaktorovou analýzou variance, pro vícenásobné porovnání byl použit Fisherův LSD post-hoc test (\*p < 0,05; \*\*p < 0,01).

**Tabulka 23.** Analýza rozdílů vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA na základě T-skóre proximálního femuru (n = 167)

	> -1 T-skóre <sub>1f</sub> n = 111			-1 až -2,5 T-skóre <sub>2f</sub> n = 54			< -2,5 T-skóre <sub>3f</sub> n = 2			F	p	η <sup>2</sup>
	$\bar{x}$	± s		$\bar{x}$	± s		$\bar{x}$	± s				
<b>Základní parametry</b>												
Věk (roky)	62,29	± 4,82	*	64,22	± 5,43		62,00	± 7,07		2,71	0,07	0,03
Věk menopauzy (roky)	50,75	± 3,44		51,41	± 3,05		49,50	± 2,12		0,91	0,40	0,01
Věk od menopauzy (roky)	11,54	± 6,16		12,81	± 6,47		12,50	± 9,19		0,75	0,47	0,01
<b>Tělesné složení</b>												
Tělesná výška (cm)	162,30	± 5,60	*	160,34	± 6,45		161,50	± 4,95		2,01	0,14	0,02
Tělesná hmotnost (kg)	72,01	± 10,32	**	65,63	± 12,70		68,75	± 6,86		5,97*	0,00	0,07
Tělesný tuk (kg)	27,99	± 8,06	**	23,42	± 9,26		27,48	± 0,71		5,33*	0,01	0,06
Tělesný tuk (%)	38,19	± 6,46	**	34,57	± 7,80		40,12	± 2,97		5,20*	0,01	0,06
Tukuprostá hmota (kg)	44,02	± 4,09	*	42,21	± 5,20		41,26	± 6,11		3,20*	0,04	0,04
Štíhlá tělesná hmota (kg)	41,55	± 3,95	*	40,11	± 5,01		39,26	± 6,26		2,19	0,11	0,03
Androidní oblast (kg)	5,76	± 1,31	**	5,10	± 1,36		5,80	± 0,99		4,52*	0,01	0,05
BFM <sub>A</sub> (kg)	2,65	± 1,00	**	2,14	± 1,07		2,87	± 0,27		4,76*	0,01	0,05
LBM <sub>A</sub> (kg)	3,06	± 0,43		2,92	± 0,42		2,88	± 0,75		2,00	0,14	0,02
Gynoidní oblast (kg)	11,34	± 1,65	**	10,48	± 2,00		9,95	± 0,21		4,70*	0,01	0,05
BFM <sub>G</sub> (kg)	5,04	± 1,35	*	4,51	± 1,49		4,30	± 0,50		2,75	0,07	0,03
LBM <sub>G</sub> (kg)	6,05	± 0,59	**	5,76	± 0,78		5,47	± 0,71		3,93*	0,02	0,05
<b>Tělesné indexy</b>												
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,38	± 3,97	**	25,46	± 4,32		26,48	± 4,25		3,98*	0,02	0,05
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	10,66	± 3,15	**	9,07	± 3,42		10,56	± 0,92		4,43*	0,01	0,05
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	16,72	± 1,39		16,39	± 1,50		15,91	± 3,32		1,16	0,32	0,01
<b>T-skóre</b>												
L <sub>1</sub> -L <sub>4</sub>	-0,54	± 1,18	**	-1,74	± 0,88		-1,95	± 0,49		22,35*	0,00	0,22
Proximální femur	-0,06	± 0,64	**	-1,48	± 0,36	**	-2,65	± 0,21		131,33*	0,00	0,62
Celotělové	0,36	± 0,95	**	-1,03	± 0,80		-1,50	± 0,28		45,29*	0,00	0,36
<b>Pohybová aktivita</b>												
Počet kroků/den	9 868	± 3 240		10 106	± 3 949		5 403	± 872		1,76	0,18	0,02

poznámka: \*p < 0,05; †η<sup>2</sup> 0,06–0,13 střední věcná významnost

Pokud jako testovací kritérium použijeme  $T$ -skóre proximálního femuru (tabulka 23), nacházíme nejvíce statisticky významných rozdílů opět ve smyslu nižších hodnot u tělesné výšky, tělesné hmotnosti a tělesných frakcí mezi kategorií žen s normální denzitou ( $T$ -skóre $1_F$ ) a s osteopenií ( $T$ -skóre $2_F$ ). Můžeme si všimnout i gynoidní oblasti, která vymezuje i oblast proximálního femuru, kde došlo k signifikantnímu ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ) úbytku u obou jejich frakcí (gynoidního tuku i gynoidní štíhlé tělesné hmoty). U subsouboru žen trpících osteoporózou proximálního femuru ( $T$ -skóre $3_F$ ) nejsou již výsledky tak jednoznačné vzhledem k minimální četnosti ( $n = 2$ ).

### 5.5 Vliv délky doby od menopauzy na tělesné složení a kostní denzitu

Tabulka 24 poukazuje na rozdíly v tělesném složení a v kostní tkáni mezi jednotlivými kategoriemi podle doby uplynutí od menopauzy (YSM). Zjistili jsme statisticky významné snížení tělesné výšky mezi posledními kategoriemi ( $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,06$ ), které vykazuje ontogenetický trend. S přibývajícím délkou doby od menopauzy dochází ke statisticky významnému nárůstu tělesné hmotnosti ( $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = 0,04$ ) především z důvodu statisticky významného nárůstu BFM ( $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,07$ ) mezi kategoriemi 11–20 a 21–30 YSM. Pozorovali jsme také statisticky významný úbytek BMD u Wardova trojúhelníku mezi kategoriemi 1–10 a 11–20 YSM. Kategorie 11–20 YSM byla posouzena jako kategorie s nejnižším BMD proximálního femuru (kromě krčku stehenní kosti) nejspíš vzhledem k nižší četnosti nejstarší kategorie 21–30 YSM ( $n = 15$ ).

**Tabulka 24.** Analýza rozdílů u vybraných parametrů v závislosti na YSM ( $n = 167$ )

	1–10 YSM n = 66			11–20 YSM n = 86			21–30 YSM n = 15			F	p	$\eta^2$		
	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s	$\bar{x}$	$\pm$	s					
<b>Základní charakteristiky</b>														
Věk (roky)	59,55	$\pm$	3,40	**	64,63	$\pm$	3,18	**	71,27	$\pm$	2,96	94,35*	0,00	0,54
Tělesná výška (cm)	162,99	$\pm$	5,78		161,16	$\pm$	5,89	*	157,69	$\pm$	5,10	5,52*	0,00	0,06 <sup>†</sup>
Tělesná hmotnost (kg)	68,51	$\pm$	10,92		69,89	$\pm$	11,40	*	76,80	$\pm$	13,43	3,22*	0,04	0,04
<b>Tělesné složení</b>														
BFM (kg)	25,35	$\pm$	8,34		26,35	$\pm$	8,37	**	33,66	$\pm$	8,92	6,02*	0,00	0,07 <sup>†</sup>
LBM (kg)	40,78	$\pm$	4,24		41,22	$\pm$	4,30		40,80	$\pm$	5,24	0,20	0,82	0,00
<b>BMD bederní páteře (g/cm<sup>2</sup>)</b>														
L <sub>1</sub>	0,96	$\pm$	0,13		1,04	$\pm$	0,13		0,97	$\pm$	0,14	1,01	0,37	0,01
L <sub>2</sub>	1,04	$\pm$	0,13		1,02	$\pm$	0,16		1,06	$\pm$	0,16	0,89	0,41	0,01
L <sub>3</sub>	1,12	$\pm$	0,15		1,11	$\pm$	0,19		1,13	$\pm$	0,14	0,04	0,96	0,00
L <sub>4</sub>	1,13	$\pm$	0,15		1,14	$\pm$	0,20		1,10	$\pm$	0,21	0,27	0,77	0,00
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub>	1,07	$\pm$	0,13		1,06	$\pm$	0,16		1,07	$\pm$	0,15	0,10	0,90	0,00
<b>BMD prox. femuru (g/cm<sup>2</sup>)</b>														
Wardův trojúhelník	0,71	$\pm$	0,12	*	0,66	$\pm$	0,10		0,67	$\pm$	0,09	2,90	0,06	0,04
krček femuru	0,89	$\pm$	0,11		0,87	$\pm$	0,10		0,86	$\pm$	0,09	1,06	0,35	0,01
velký trochanter	0,78	$\pm$	0,11		0,78	$\pm$	0,10		0,81	$\pm$	0,11	0,56	0,58	0,01
proximální femur	0,94	$\pm$	0,12		0,93	$\pm$	0,11		0,96	$\pm$	0,12	0,49	0,62	0,01
<b>Celotělové BMD (g/cm<sup>2</sup>)</b>														
	1,12	$\pm$	0,09		1,11	$\pm$	0,09		1,12	$\pm$	0,08	0,85	0,43	0,01

poznámka: měřené přístrojem DXA; BFM – tělesný tuk, LBM – štíhlá tělesná hmota, YSM – doba od menopauzy (years since menopause)

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; <sup>†</sup> $\eta^2$  0,06–0,13 střední věcná významnost

**Tabulka 25.** Korelace mezi tělesným složením a segmentálním BMD ve vztahu k YSM ( $n = 167$ )

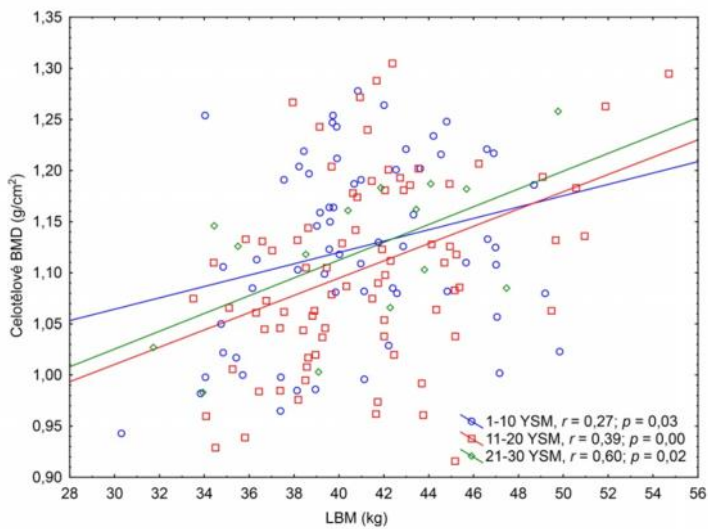
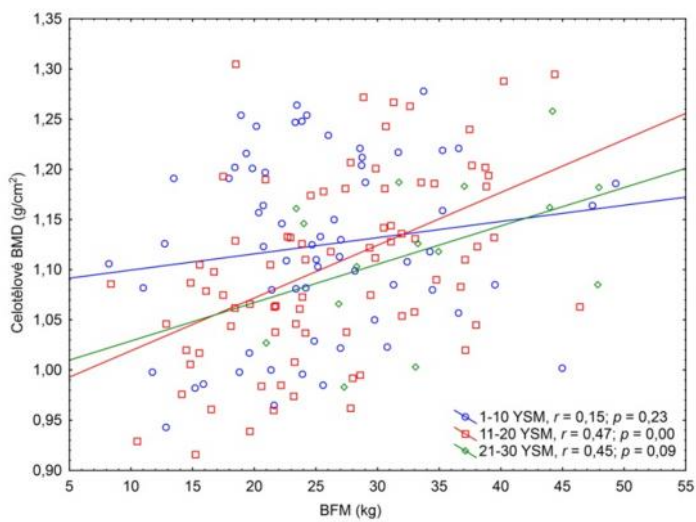
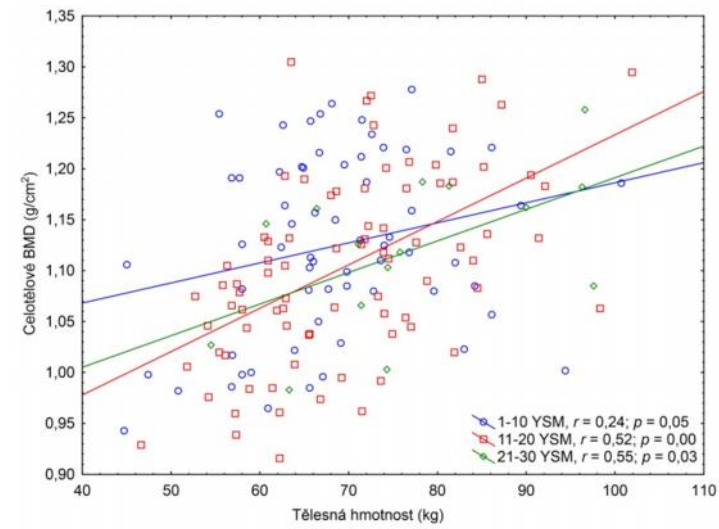
	1–10 YSM n = 66			11–20 YSM n = 86			21–30 YSM n = 15		
	Wt	BFM	LBM	Wt	BFM	LBM	Wt	BFM	LBM
<b>BMD bederní páteře (<math>\text{g}/\text{cm}^2</math>)</b>									
L <sub>1</sub>	0,11	0,04	0,16	0,23*	0,24*	0,09	0,36	0,37	0,27
L <sub>2</sub>	0,08	0,00	0,15	0,27*	0,27*	0,13	0,31	0,32	0,21
L <sub>3</sub>	0,14	0,06	0,15	0,27*	0,23*	0,23*	0,11	0,13	0,05
L <sub>4</sub>	0,18	0,09	0,20	0,26*	0,20	0,26*	0,15	0,18	0,06
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub>	0,15	0,06	0,26*	0,28*	0,25*	0,20	0,24	0,26	0,15
<b>BMD prox. femuru (<math>\text{g}/\text{cm}^2</math>)</b>									
Wardův trojúhelník	0,10	0,01	0,20	0,31*	0,33*	0,12	0,26	0,26	0,20
krček femuru	0,26*	0,16	0,31*	0,41*	0,40*	0,26*	0,52*	0,52*	0,41
velký trochanter	0,31*	0,23	0,29*	0,41*	0,37*	0,31*	0,35	0,39	0,21
proximální femur	0,27*	0,20	0,27*	0,41*	0,40*	0,25*	0,41	0,44	0,27

*poznámka:* Wt – tělesná hmotnost, BFM – tělesný tuk, LBM – štíhlá tělesná hmota, YSM – doba od menopauzy; data jsou prezentována pomocí Pearsonova korelačního koeficientu; \* $p < 0,05$ ;  $\dagger \eta^2$  0,06–0,13 střední věcná významnost; 0,10–0,30 slabá korelace; 0,40–0,60 střední korelace; 0,70–0,80 silná korelace

Korelace mezi parametry tělesného složení a BMD každé YSM kategorie jsou znázorněny v tabulce 25. Závislost BMD lumbální páteře s tělesným složením v kategorii 1–10 a 21–30 YSM je nesignifikantní a vykazuje slabou podmíněnost. V kategorii 11–20 YSM sledujeme stále slabý, ale signifikantní vztah mezi BMD bederní páteře a BFM ( $r$  v rozmezí 0,23–0,27) s výjimkou denzity L<sub>4</sub>. Ve stejné kategorii jsme pozorovali signifikantní vztah mezi BMD a LBM u L<sub>3</sub> a L<sub>4</sub>. Oblast proximálního femuru vykazovala větší variabilitu ve smyslu signifikantních vztahů. V kategorii 1–10 pozorujeme signifikantní avšak slabý vztah pouze u LBM s BMD proximálního femuru. V kategorii 11–20 YSM vykazovala kostní denzita signifikantní závislost jak s BFM tak LBM. U tělesného tuku však nalzáme středně silnou podmíněnost ( $r$  v rozmezí 0,33 až 0,40). V kategorii 21–30 YSM pozorujeme u proximálního femuru středně silné vztahy především mezi BMD a BFM ( $r$  v rozmezí 0,26 až 0,52).

Vztahy mezi celotělovou BMD a tělesnou hmotností, BFM a LBM jsou znázorněny na obrázku 37. Celotělové BMD bylo statisticky významně ( $p < 0,05$ ) ovlivněno štíhlou tělesnou hmotností ve všech YSM kategoriích. Statistická významnost byla zjištěna mezi BMD a tělesnou hmotností, BFM i LBM, zejména u kategorie 11–20 YSM ( $r$  v rozmezí 0,39 až 0,52). Nejvyšší korelaci ( $r = 0,60$ ) jsme našli u závislosti štíhlé tělesné hmoty na celotělové BMD v kategorii 21–30 YSM ( $p = 0,02$ ).

**Obrázek 37.** Vztah mezi celotělovým BMD a tělesnou hmotností, tělesným tukem a štíhlou tělesnou hmotou dle YSM kategorií





## 5.6 Vliv pohybové aktivity na tělesné parametry

**Tabulka 26.** Základní charakteristika věku, tělesných parametrů a pohybové aktivity ve vztahu k plnění počtu kroků/den ( $n = 154$ )

	PA1 <sub>10k</sub> (< 10 000 kroků/den) n = 84			PA2 <sub>10k</sub> (> 10 000 kroků/den) n = 70		F	p	$\eta^2$
	$\bar{x}$	$\pm s$		$\bar{x}$	$\pm s$			
<b>Základní parametry</b>								
Věk (roky)	63,74	$\pm 5,81$		62,01	$\pm 4,29$	4,23*	0,04	0,03
Věk menopauzy (roky)	51,02	$\pm 3,22$		50,91	$\pm 3,37$	0,04	0,84	0,00
Věk od menopauzy (roky)	12,71	$\pm 6,92$		11,10	$\pm 5,48$	2,50	0,12	0,02
<b>Pohybová aktivita</b>								
Kroky za den	7 309	$\pm 1 889$	**	12 991	$\pm 2 267$	287,97*	0,00	0,65
PA 1–3 METs (min/týden)	411,11	$\pm 86,64$	**	454,16	$\pm 87,67$	9,32*	0,00	0,06
PA 3–6 METs (min/týden)	121,05	$\pm 84,17$	**	299,67	$\pm 152,88$	84,15*	0,00	0,36
PA >6 METs (min/týden)	5,87	$\pm 11,89$	**	17,37	$\pm 34,07$	8,37*	0,00	0,05
<b>Tělesné složení</b>								
Tělesná výška (cm)	161,74	$\pm 5,24$		160,86	$\pm 6,54$	0,86	0,35	0,01
Tělesná hmotnost (kg)	72,32	$\pm 10,58$	**	65,36	$\pm 10,28$	16,94*	0,00	0,10
Tělesný tuk (kg)	28,75	$\pm 8,43$	**	22,78	$\pm 7,24$	21,75*	0,00	0,13
Tělesný tuk (%)	39,06	$\pm 6,72$	**	34,12	$\pm 6,62$	20,88*	0,00	0,12
Tukuprostá hmota (kg)	43,56	$\pm 4,22$		42,58	$\pm 4,61$	1,92	0,17	0,01
Štíhlá tělesná hmota (kg)	41,21	$\pm 4,09$		40,29	$\pm 4,38$	1,82	0,18	0,01
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,69	$\pm 4,14$	**	25,24	$\pm 3,60$	14,98*	0,00	0,09
BMC (kg)	2,35	$\pm 0,29$		2,28	$\pm 0,36$	1,41	0,24	0,01
<b>Kostní tkáň</b>								
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub> T-skóre	-0,93	$\pm 1,26$		-1,03	$\pm 1,22$	0,27	0,60	0,00
T-skóre prox. femuru	-0,59	$\pm 0,95$		-0,54	$\pm 0,89$	0,12	0,73	0,00
Celotělové T-skóre	-0,20	$\pm 1,11$		-0,12	$\pm 1,15$	0,18	0,67	0,00

*poznámka:* rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny prostřednictvím ANOVA (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ), věcná významnost byla posuzována dle koeficientu  $\eta^2$  – malý efekt † (0,01–0,06), střední efekt †† (0,06–0,14), velký efekt ††† (> 0,14). Jednotlivé subsoubory byly stanoveny na základě doporučení dle (Hatano, 1993)

Do výzkumu pohybové aktivity se zapojilo také všech 167 žen, ale u 13 žen došlo k pochybení při správné manipulaci a záznamu dat, proto je výsledný vzorek nižší. Tabulka 26 posuzuje vybrané charakteristiky podle počtu vykonaných kroků během dne. S přibývajícím počtem kroků sledujeme statisticky významný úbytek tělesné hmotnosti ( $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,10$ ) tělesného tuku v absolutním i procentuálním vyjádření ( $\eta^2 = 0,13$ ;  $\eta^2 = 0,12$ ) i BMI ( $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,09$ ). S přibývajícím počtem kroků vykonávaly ženy i signifikantně více nízko-, středně i vysoce intenzivní pohybové aktivity. Podle tabulky 27 je objem PA spojen s dobou středně zatěžující PA, kdy s narůstající objemem narůstá signifikantně i doba strávená středně zatěžující PA.

**Tabulka 27.** Základní charakteristika věku, tělesných parametrů a pohybové aktivity ve vztahu k době středně zatěžující PA ( $n = 154$ )

	PA1 <sub>moderate</sub> (< 150 min/týden) n = 67		PA2 <sub>moderate</sub> (150–300 min/týden) n = 50		PA3 <sub>moderate</sub> (> 300 min/týden) n = 37		F	p	$\eta^2$
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s			
<b>Základní parametry</b>									
Věk (roky)	63,72	± 5,74	62,30	± 5,32	62,46	± 3,93	1,27	0,28	0,02
Věk menopauzy (roky)	50,51	± 3,09	51,24	± 3,24	51,46	± 3,63	1,25	0,29	0,02
Věk od menopauzy (roky)	13,21	± 6,83	11,06	± 6,18	11,00	± 5,32	2,26	0,11	0,03
<b>Pohybová aktivita</b>									
Kroky za den	7 594	± 2 551	10 182	± 2 569	13 662	± 2 618	66,76*	0,00	0,47
PA 1–3 METs (min/týden)	435,55	± 97,03	425,61	± 89,40	428,69	± 76,03	0,19	0,83	0,00
PA 3–6 METs (min/týden)	72,51	± 45,11	213,92	± 40,73	421,38	± 90,05	433,15	0,00	0,85
PA >6 METs (min/týden)	1,74	± 3,75	13,70	± 22,20	24,52	± 40,46	11,56*	0,00	0,13
<b>Tělesné složení</b>									
Tělesný výška (cm)	161,43	± 5,66	161,2	± 5,78	161,33	± 6,47	0,02	0,98	0,00
Tělesná hmotnost (kg)	72,26	± 11,10	66,60	± 9,99	66,99	± 10,89	4,99*	0,01	0,06
Tělesný tuk (kg)	28,85	± 8,60	24,10	± 7,86	23,57	± 7,49	7,19	0,00	0,09
Tělesný tuk (%)	39,18	± 6,67	35,42	± 6,97	34,42	± 6,88	7,38	0,00	0,09
Tukuprostá hmota (kg)	43,40	± 4,32	42,51	± 4,15	43,42	± 4,94	0,70	0,50	0,01
Štíhlá tělesná hmota (kg)	41,05	± 4,19	40,23	± 3,98	41,11	± 4,69	0,67	0,51	0,01
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,74	± 4,14	25,66	± 3,90	25,71	± 3,77	5,07*	0,01	0,06
BMC (kg)	2,35	± 0,31	2,28	± 0,31	2,31	± 0,38	0,73	0,48	0,01
<b>Kostní tkáň</b>									
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub> T-skóre	-0,86	± 1,29	-0,94	± 1,22	-1,23	± 1,15	1,11	0,33	0,01
T-skóre prox. femuru	-0,61	± 0,96	-0,53	± 0,90	-0,55	± 0,88	0,13	0,88	0,00
Celotělové T-skóre	-0,14	± 1,13	-0,16	± 1,12	-0,22	± 1,15	0,07	0,93	0,00

*poznámka:* rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny prostřednictvím ANOVA (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ), věcná významnost byla posuzována dle koeficientu  $\eta^2$  – malý efekt † (0,01–0,06), střední efekt †† (0,06–0,14), velký efekt ††† (> 0,14). Jednotlivé subsoubory byly stanoveny na základě doporučení dle (Hatano, 1993)

Kostní tkáň reaguje na zvyšující se objem a dobu středně zatěžující pohybové aktivity úbytkem pouze u lumbální páteře. U  $T$ -skóre proximálního femuru jsme zaznamenali v tabulce 26 i 27 dokonce zlepšení (diference bez statistické významnosti). Opět je tu skryto nepřímé kauzální působení konstitučních faktorů.

Zvyšující se doba středně zatěžující PA měla za následek signifikantní snížení tělesné hmotnosti ( $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,06$ ), tělesného tuku ( $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,09$ ) a BMI ( $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,06$ ). Evidentní je také to, že ani objem ani zvyšující se doba středně zatěžující PA pozitivně neovlivňují tukuprostou/štíhlou tělesnou hmotu. Dle hodnot U. S. Department of Health & Human Services splňovalo doporučení  $> 150$  minut středně zatěžující PA za týden 87 žen.

Pokud použijeme jako srovnávací kritérium  $T$ -skóre lumbální páteře nebo proximálního femuru jako v tabulce 28 zjistíme, že nejvíce času ženy strávily nízko-intenzivní PA a chůzí. U proximálního femuru nacházíme mezi skupinami statisticky významné rozdíly ve věku a ve věku od menopauzy ( $p < 0,05$ ). U lumbální páteře je statisticky významný rozdíl pouze ve věku. Objem ani intenzita PA nevykazují signifikantní pokles při zhoršujícím se  $T$ -skóre měřených oblastí. U proximálního femuru dokonce došlo k nárůstu (bez signifikance) vysoko-intenzivní PA a času stráveného chůzí ve skupině  $T$ -skóre $2_F$  (osteopenie). Stejný výsledek jsme sledovali u lumbální páteře, kde osteoporotická skupina  $T$ -skóre $3_L$  ( $n = 11$ ) vykazovala nejvyšší hodnoty vysoko-intenzivní PA a chůze. V případě pohybové inaktivity (PI) nacházíme vyšší hodnoty u skupin ( $T$ -skóre $2_F$  a  $T$ -skóre $2_L$  - osteopenie). Kategorie  $T$ -skóre $3_L$  se odlišovala od trendu nejspíš kvůli nízké početnosti ( $n = 11$ ).

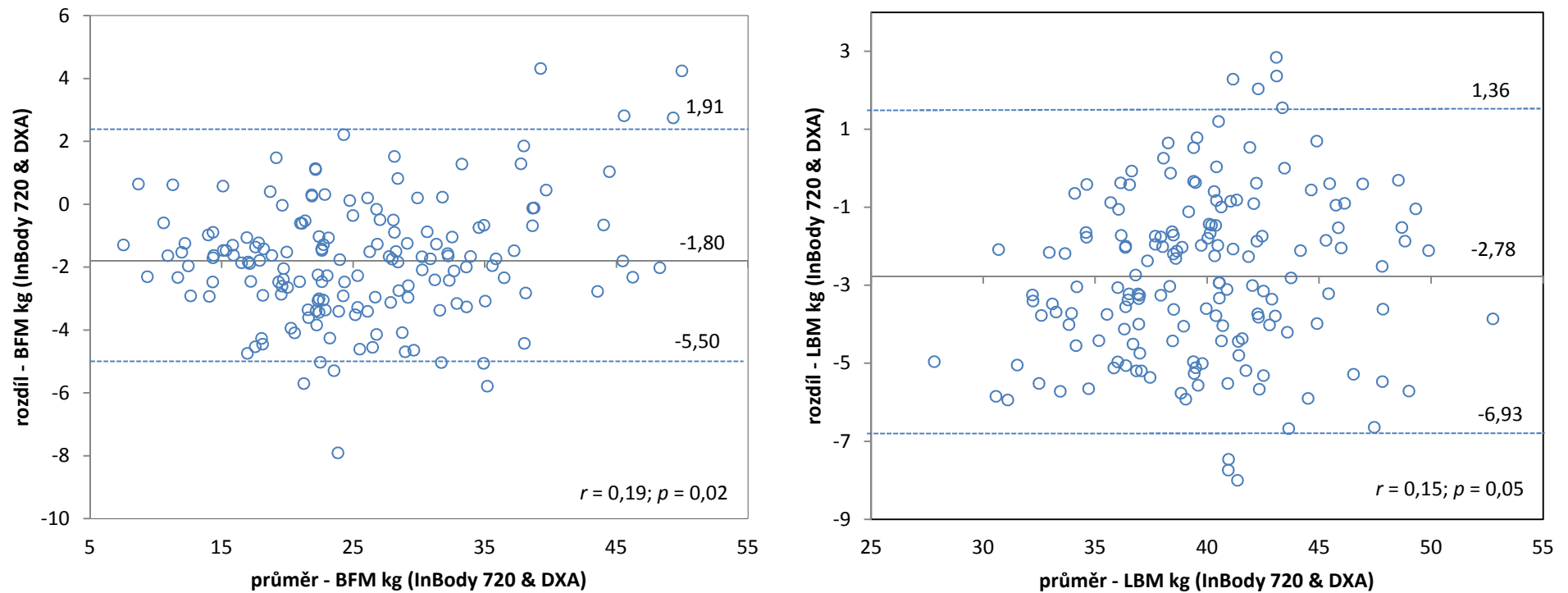
Tabulka 28. Pohybová aktivita a inaktivita na základě T-skóre lumbální páteře a proximálního femuru (n = 154)

	T-skóre1 <sub>F</sub> (norma) n = 99			*	T-skóre2 <sub>F</sub> (osteopenie) n = 53				T-skóre1 <sub>L</sub> (norma) n = 64			*	T-skóre2 <sub>L</sub> (osteopenie) n = 79				T-skóre3 <sub>L</sub> (osteoporóza) n = 11		
	$\bar{x}$	±	s		$\bar{x}$	±	s		$\bar{x}$	±	s		$\bar{x}$	±	s		$\bar{x}$	±	s
<b>Základní parametry</b>																			
Věk (roky)	62,29	±	4,82	*	64,22	±	5,43		61,90	±	5,20	*	63,77	±	5,10		63,00	±	3,52
Věk menopauzy (roky)	50,75	±	3,44		51,40	±	3,05		51,26	±	3,24		51,05	±	3,31		49,00	±	3,00
Věk od menopauzy (roky)	11,54	±	6,16	*	12,81	±	6,47		10,63	±	6,49		12,72	±	6,23		14,00	±	4,17
<b>Pohybová aktivita</b>																			
Průměrná PA (hod/den)	9,21	±	1,96		9,15	±	1,69		9,09	±	2,03		9,13	±	1,81		9,91	±	1,13
Chůze (min/týden)	503,03	±	289,95		527,50	±	333,95		504,75	±	306,18		497,93	±	295,00		640,91	±	367,93
PA 1–3 METs (min/týden)	433,55	±	95,50		425,83	±	78,02		432,25	±	98,94		424,85	±	83,84		456,60	±	79,22
PA 3–6 METs (min/týden)	208,90	±	150,72		195,47	±	148,10		195,56	±	139,17		192,23	±	149,43		311,18	±	188,16
PA >6 METs (min/týden)	10,06	±	23,85		13,43	±	27,90		11,13	±	21,22		9,52	±	26,25		23,19	±	37,14
<b>Pohybová inaktivita</b>																			
Průměrná PI (hod/den)	4,70	±	1,46		4,80	±	1,78		4,77	±	1,47		4,86	±	1,82		4,19	±	1,43
Sledování televize (min/týden)	808,9	±	407,4		932,1	±	471,2		814,9	±	407,5		897,0	±	466,9		743,6	±	316,9
Sezení u čtení atd. (min/týden)	386,9	±	375,7		477,3	±	352,3		405,7	±	402,9		433,4	±	351,5		344,5	±	285,6
<b>Kostní tkáň</b>																			
L <sub>1</sub> –L <sub>4</sub> T-skóre									0,27	±	0,84	**	-1,66	±	0,43	**	-2,82	±	0,30
T-skóre prox. femuru	-0,06	±	0,64	**	-1,48	±	0,36												

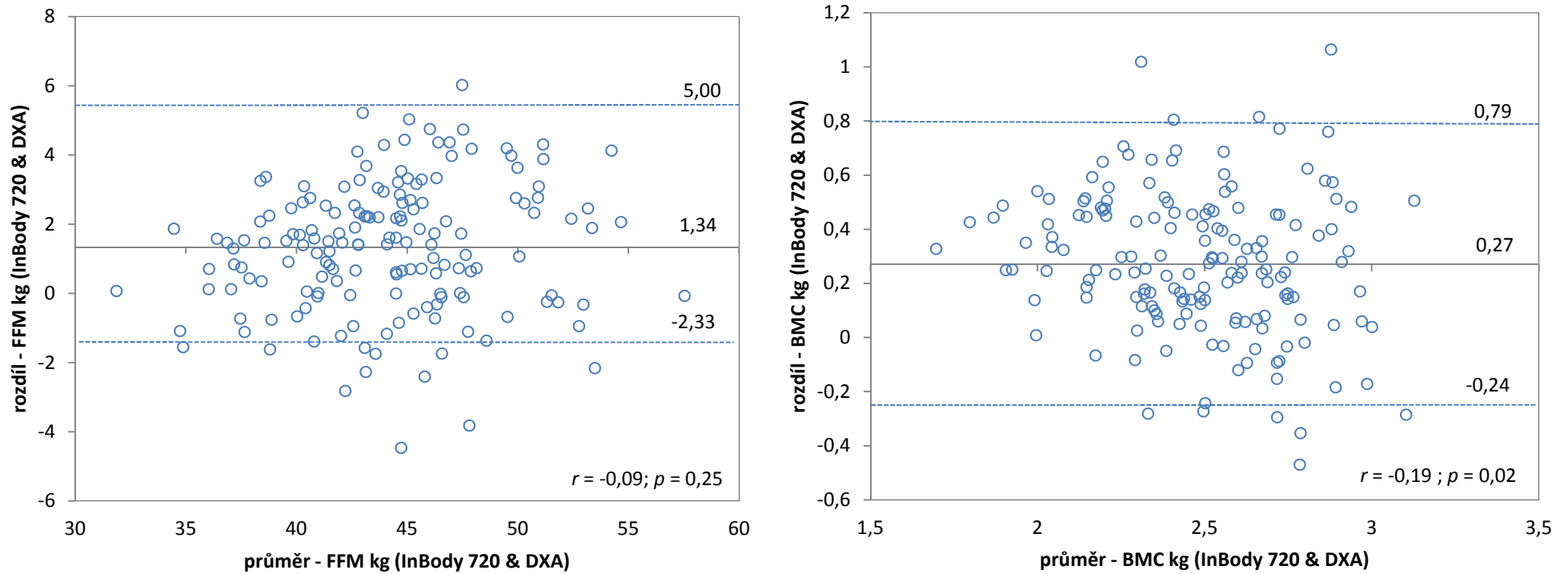
poznámka: rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny prostřednictvím ANOVA (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ), věcná významnost byla posuzována dle koeficientu

### 5.7 Srovnání přístroje InBody 720 s přístrojem DXA

**Obrázek 38.** Bland-Altmanovy grafy s 95 % limity shody (LoA) a korelační analýza závislosti mezi rozdíly a průměry měřených parametrů (BFM a LBM) pomocí přístrojů InBody 720 a DXA ( $n = 167$ ) (J. M. Bland & Altman, 1986)



**Obrázek 39.** Bland-Altmanovy grafy s 95 % limity shody (LoA) a korelační analýza závislosti mezi rozdíly a průměry měřených parametrů (LBM a BMC) pomocí přístrojů - InBody 720 a DXA ( $n = 167$ ) (J. M. Bland & Altman, 1986)



**Tabulka 29.** Popisné charakteristiky parametrů tělesného složení a kostní tkáně měřených přístroji InBody 720 a DXA (n = 167)

	$\bar{x}$	s	95 % IS	
<b>Tělesný tuk (kg)</b>				
InBody 720	24,64	9,10	23,24	– 26,05
DXA	26,50	8,66	25,18	– 27,83
<b>Tukuprostá hmota (kg)</b>				
InBody 720	44,79*	4,81	44,05	– 45,54
DXA	43,40	4,55	42,71	– 44,10
<b>Štíhlá tělesná hmota (kg)</b>				
InBody 720	38,33*	4,70	37,61	– 39,06
DXA	41,06	4,37	40,39	– 41,73
<b>BMC (kg)</b>				
InBody 720	2,61*	0,29	2,57	– 2,66
DXA	2,34	0,34	2,29	– 2,40

poznámka: \* $p < 0,01$ ; – průměrné hodnoty byly statisticky významné od měření na přístroji DXA, dvou výběrový Studentův T-test; IS – interval spolehlivosti

Při porovnání měřicího zařízení InBody 720 s referenční metodou DXA představují výsledky signifikantní i nesignifikantní rozdíly. Přístroj InBody 720 poskytoval statisticky významné podhodnocení údajů v odhadu štíhlé tělesné hmoty o -2,73 kg (LoA: -6,93–1,36;  $p < 0,01$ ) a tělesného tuku o -1,86 kg (LoA: -5,50–1,91;  $p < 0,01$ ) již bez signifikance (tabulka 29; obrázek 38). Naopak nadhodnocené výsledky přístroje InBody 720 jsme zaznamenali při odhadu tukuprosté hmoty o 1,39 kg (LoA: -2,33–5,00;  $p < 0,01$ ) i kostních minerálů o 0,27 kg (LoA: -0,24–0,79;  $p < 0,01$ ) jak ukazuje obrázek 39.

V posledních tabulkách (tabulka 30, tabulka 31) výsledkové části uvádíme vícenásobnou regresi celotělového BMD na tělesných frakcích a PA. Nejvyšší korelace ( $r = 0,83$ ) nacházíme u závislosti celotělového BMD na jednotlivých tělesných frakcích BFM, FFM a LBM. Pozorovali jsme zde také vysoký koeficient determinace ( $R^2 = 0,69$ ). Tento model vysvětluje 69 % variability této proměnné, pohybová aktivita se nejvíce jeví jako proměnná, která by ovlivňovala celotělové BMD ( $p = 0,89$ ).

**Tabulka 30.** Vícenásobná regrese se závislou proměnnou celotělového BMD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )

	$b^*$	regresní koeficient b	$p$
Absolutní člen		0,783	0,00
FFM (kg)	0,30	0,006	0,00
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	0,11	0,002	0,23
Počet kroků za den	-0,01	0,00	0,89

poznámka: vícerozměrná korelace  $R = 0,37$ ; koeficient determinace  $R^2 = 0,14$

**Tabulka 31.** Vícenásobná regrese se závislou proměnnou celotělového BMD ( $\text{g/cm}^2$ )

	<i>b</i> *	regresní koeficient <i>b</i>	<i>p</i>
Absolutní člen		0,640	0,00
FFM (kg)	12,55	0,247	0,00
LBM (kg)	-12,13	-0,249	0,00
BFM (kg)	-0,12	-0,001	0,02

*poznámka:* vícerozměrná korelace  $R = 0,83$ ; koeficient determinace  $R^2 = 0,69$



## 6 DISKUZE

V následujícím textu hodnotíme vztah tělesného složení s celkovou tělesnou a regionální BMD u 167 postmenopauzálních žen ve vztahu k věkovým kategoriím, k tělesnému složení, pohybové aktivitě, době od menopauzy a rozdíly výstupních hodnot získaných pomocí přístrojů InBody 720 a DXA. V současné době je vztah mezi tělesným složením a BMD stále předmětem debat. Pozitivní asociace mezi tělesným tukem a zvyšující se BMD je vysvětlována vzrůstající aromatizací androgenů z podkožní tukové tkáně při snížení hladiny estrogenů. Vyšší podíl tukové tkáně hraje také významnou roli ve smyslu gravitačního zatížení kostry člověka (Kirchengast, Peterson, Hauser, & Knogler, 2001; Lim, et al., 2004). Tukuprostá/štíhlá tělesná hmota ovlivňuje pozitivně BMD především pomocí biomechanického stresu při mechanické zátěži (Baptista, et al., 2012).

Ženy po menopauze tvoří významnou a stále rostoucí část světové populace. V České republice utrpí zlomeninu obratle během jednoho roku z každého tisíce žen starších 50 let 11 žen z 1 000. Incidence zlomenin obratlů u mužů je také obdobná jako jinde v Evropě (4–7 zlomenin na 1 000 mužů). Riziko zlomenin proximálního femuru mají české ženy ve věku nad 50 let 17 % a muži 7 %, na komplikace fraktury (uroinfekce, bronchopneumonie a flebotrombózy) umírá do jednoho roku až 20 % postižených osob (Štěpán, 2005).

V odborné literatuře se významně diskutuje o vzájemném vlivu vybraných tělesných složek na kostní tkáň. Některé studie u postmenopauzálních žen dokládají vzájemný vztah mezi tukovou a kostní hmotou (Kapuš, et al., 2010; Reid, 2002), zatímco jiné studie spíše poukazují na vztah tukuprosté hmoty a svalové síly na kostní hmotu (Aloia, Vaswani, Ma, & Flaster, 1995b; Bakker, Twisk, Van Mechelen, & Kemper, 2003; Lima, et al., 2009).

Za vhodnou alternativu tradičních postupů můžeme bezesporu označit pohybovou aktivitu. I když některé výzkumy (Boyer, Kiratli, Andriacchi, & Beaupre, 2011; Nelson, et al., 1994) jasně prokazují její pozitivní vliv na kostní tkáň, v naší studii jsme však nenalezli významný pozitivní efekt pohybové aktivity na sledované parametry proximálního femuru. Toto zjištění může souviset se skutečností, že ačkoliv má pohybová aktivita protektivní charakter na kostní tkáň, může nižší tělesná hmotnost spojená s gracilitou kostry hypoteticky působit proti výhodnému efektu cvičení u žen s nadváhou (Kapuš, et al., 2010). Podle Holbrooka a Barrett-Connora (1993) je nízká tělesná hmotnost významným rizikovým faktorem v rozvoji osteoporózy a naopak zvýšení tělesné hmotnosti a nárůst tělesného tuku

má pozitivní vliv na BMD nejen v seniorském věku, ale také v dětství (Reid, 2002). Podle Riegerové et al. (2009) je nezbytné si dále uvědomit relativně vysokou genetickou podmíněnost stavu kostní tkáně a multifaktorialitu osteoporózy. Pozitivní vliv pravidelné pohybové aktivity se u seniorské populace projevuje především ve změně tukové složky. Gába, et al. (2009) uvádějí, že s narůstajícím počtem kroků vykonaných v průměru za jeden den dochází k signifikantnímu poklesu BMI a procentuálního zastoupení tělesného tuku. Obdobný trend popisují také Tudor-Locke a Meyers (2001). Naše výsledky jsou v souladu s výše jmenovanými studiemi, neboť ženy plnící koncept 10 000 kroků za den, vykazovaly signifikantně nižší BMI i absolutní a relativní zastoupení tělesného tuku než ženy, které během dne vykonaly méně než 10 000 kroků.

### 6.1 Involuční změny základních parametrů

Během stárnutí a především v období postmenopauzy u žen dochází k involučním změnám tělesného složení, které patří k základním aspektům stárnutí. Ontogenetické změny tělesného složení měřeného na přístroji InBody 720 s daty práce Gáby a Přidalové (2014), kteří sledovali průřezovou studii změny tělesného složení během stárnutí u českých žen ve věku 18–89. Při komparaci obou souborů (tabulka 32) vykazoval sledovaný soubor nižší hodnoty všech tělesných parametrů v kategorii do 70 let. U nejstarší kategorie měřených žen dosahovaly hodnoty vyšší (až o 5 kg u tělesné hmotnosti a tělesného tuku). Pokud vezmeme v úvahu index tělesné hmotnosti, vykazovaly ženy shodně hodnoty nadváhy ve všech kategoriích s postupným nárůstem směrem ke starším věkovým kategoriím. Naše výsledky korespondují i s dizertační prací Gáby (2011), jehož vzorek žen také vychází z měření olomouckých žen Univerzity třetího věku. V obou případech pozorujeme postupný pokles hodnot tukuprosté hmoty, kostních minerálů i celkové tělesné vody s přibývajícím věkem.

Pokud budeme podrobněji zkoumat obsah kostních minerálů měřených přístrojem InBody 720 můžeme odhadem diagnostikovat výskyt osteopenie či osteoporózy. I když Riegerová, et al. (2009) upozorňuje, že hodnoty získané přístrojem InBody 720 mají pouze informativní charakter, uvádí autoři limitní hodnoty pro ženy ve věku senescence na úrovni 2,55 kg a níže. V návaznosti na toto doporučení můžeme konstatovat, že se pravděpodobnost výskytu osteoporózy zvyšuje v závislosti na věku, jak uvádí Gába (2011) a potvrzuje i náš výzkum. U námi sledovaného souboru se jako nejrizikovější jevila kategorie

nejstarších žen, u kterých byla absolutní hodnota minerálů v těle i v kostech pod doporučenými mezními hodnotami.

K další komparaci vybraných charakteristik měřených pomocí bioelektrické impedanci jsme si vybrali obdobně koncipovanou práci Kyle, et al. (2005). Autoři zde porovnávají výsledky se srovnávací studií NHANES III a americkou populací, která se jeví těžší ve smyslu tělesné hmotnosti i tělesného tuku. Sledovaný soubor vykazoval v porovnání s Kyle, et al. (2005) vyšší hodnoty u všech charakteristik především ale v kategorii 70–79 let pozorujeme rozdíl v tělesné hmotnosti o 10,4 kg a rozdíl v hodnotách tělesného tuku činil 8,8 kg (tabulka 32). Tyto rozdíly však mohou být dány menším vzorkem měřených žen.

**Tabulka 32.** Komparace základních antropometrických parametrů sledovaného souboru žen s výsledky obdobně koncipovaných studií (BIA)

	Gába a Přidalová (2014)		rozdíl	sledovaný soubor		rozdíl	Kyle, et al. (2005)	
	$\bar{x}$	$\pm s$		$\bar{x}$	$\pm s$		$\bar{x}$	$\pm s$
<b>50,00–59,99 let</b>								
<i>n</i>	197			38			489	
Tělesná hmotnost (kg)	70,6	$\pm 13,5$	2,7	67,9	$\pm 12,0$	6,1	61,8	$\pm 9,2$
Tělesný tuk (kg)	25,3	$\pm 9,6$	2,7	22,6	$\pm 8,7$	4,1	18,5	$\pm 5,8$
Tukuprostá hmota (kg)	45,4	$\pm 5,8$	0,1	45,3	$\pm 5,5$	2,0	43,3	$\pm 4,5$
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,8	$\pm 4,8$	1,4	25,4	$\pm 4,1$	1,9	23,5	$\pm 3,2$
<b>60,00–69,99 let</b>								
<i>n</i>	437			118			237	
Tělesná hmotnost (kg)	70,5	$\pm 10,7$	1,3	69,2	$\pm 11,4$	6,1	63,1	$\pm 10,4$
Tělesný tuk (kg)	25,9	$\pm 7,9$	1,6	24,3	$\pm 8,4$	3,3	21,0	$\pm 7,1$
Tukuprostá hmota (kg)	44,6	$\pm 4,7$	0,3	44,9	$\pm 4,6$	2,9	42,0	$\pm 4,7$
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27,1	$\pm 3,9$	0,6	26,5	$\pm 4,1$	1,7	24,8	$\pm 3,8$
<b>70,00–79,99 let</b>								
<i>n</i>	153			16			198	
Tělesná hmotnost (kg)	69,6	$\pm 11,5$	5,6	75,2	$\pm 14,3$	10,4	64,8	$\pm 10,9$
Tělesný tuk (kg)	27,6	$\pm 8,8$	4,9	32,5	$\pm 11,5$	8,8	23,7	$\pm 7,2$
Tukuprostá hmota (kg)	42,0	$\pm 5,2$	0,8	42,8	$\pm 4,5$	1,8	41,0	$\pm 4,9$
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28,2	$\pm 4,3$	1,8	30,0	$\pm 5,5$	4,1	25,9	$\pm 4,2$

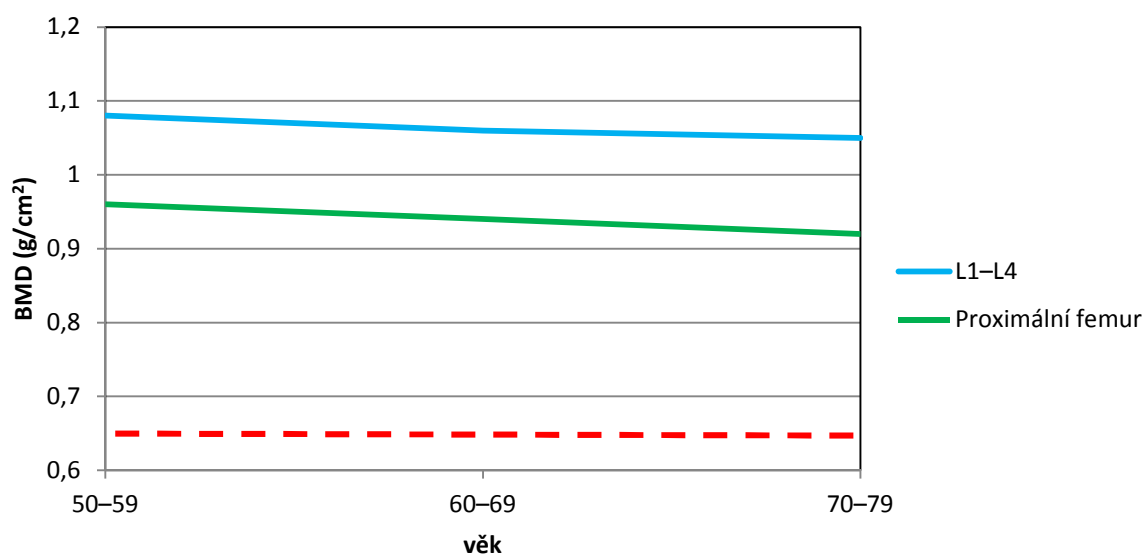
*poznámka:* BIA – bioelektrická impedance

Pokud budeme porovnávat výsledky sledovaného souboru měřeného pomocí metody DXA se studií Kyle, et al. (2001) nalezneme obdobné výsledky jako u měření pomocí bioelektrické impedance. Největší rozdíly nalezneme opět u nejstarší věkové kategorie.

## 6.2 Involuční změny denzity kostní tkáně

Jak už bylo naznačeno výše, dochází s věkem nejen ke změnám tělesného složení ale i k poklesu kostního minerálu společně s poklesem kostní denzity. Jedinci s BMD nižším než  $0,65 \text{ g/cm}^2$  jsou klasifikováni jako riziková skupina se zhoršenou kvalitou kosti, která může vést k osteoporóze (Spirduso, et al., 2005). V této práci nenacházíme hodnoty nižší, než doporučuje Spirduso, et al. (2005) ani v nejstarších věkových kategoriích (obrázek 40).

**Obrázek 40.** Změna v kostní denzitě lumbální páteře a proximálního femuru u sledovaných žen v závislosti na věku



*poznámka:* červená linie vymezuje hodnotu BMD  $< 0,65 \text{ g/cm}^2$  jako rizikovou (Spirduso, et al., 2005)

Dovolil bych si však mírně nesouhlasit s doporučením Spirduso, et al. (2005) na rizikovou hodnotu BMD  $< 0,65 \text{ g/cm}^2$  především u lumbální oblasti. Sledované ženy již vykazovaly v oblasti bederní páteře osteopenii při hodnotě  $1,05 \text{ g/cm}^2$  ( $T$ -skóre  $-1,08$ ). Čínské ženy dokonce při hodnotě  $0,83 \text{ g/cm}^2$  dosahovaly  $T$ -skóre  $-2,17$  tedy podstatně se blíží osteoporóze. Denzita proximálního femuru již lépe odpovídala „doporučení“ Spirduso, et al. (2005). Tento výsledek koresponduje i s prací Looker, et al. (1997), který uvádí rizikovou hodnotu u proximálního femuru žen na hodnotě  $< 0,64 \text{ g/cm}^2$  (osteopenie uváděna při BMD  $0,82\text{--}0,64 \text{ g/cm}^2$ ).

Při komparaci s americkou národní studií (tabulka 33) zaměřenou na zdraví a výživu (NHANES III) jsme nacházeli vyšší rozdíly u starších věkových kategorií. U srovnávací studie

čínských žen Zhang, et al. (2013), kde můžeme porovnat i *T*-skóre postmenopauzálních žen se hodnoty *T*-skóre lišily již významně (až o 1,20 směrodatné odchylky).

**Tabulka 33.** Komparace naměřeného BMD lumbální páteře a proximálního femuru sledovaného souboru žen s výsledky obdobně koncipovaných studií (DXA)

	Looker, et al. (2012)		rozdíl	sledovaný soubor		rozdíl	Zhang, et al. (2013)	
	$\bar{x}$	$\pm s$		$\bar{x}$	$\pm s$		$\bar{x}$	$\pm s$
<b>50,00–59,99 let</b>								
<i>n</i>	291			38			331	
BMD <sub>1L</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,99	± 0,14	0,09	1,08	± 0,14	0,12	0,96	± 0,15
BMD <sub>1F</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,89	± 0,13	0,07	0,96	± 0,12	0,12	0,84	± 0,12
<i>T</i> -skóre <sub>1L</sub>	-	± -		-0,83	± 1,18	0,59	-1,42	± 1,25
<i>T</i> -skóre <sub>1F</sub>	-	± -		-0,42	± 0,97	0,79	-1,21	± 1,04
<b>60,00–69,99 let</b>								
<i>n</i>	286			113			335	
BMD <sub>2L</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,95	± 0,14	0,11	1,06	± 0,14	0,15	0,91	± 0,13
BMD <sub>2F</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,85	± 0,12	0,09	0,94	± 0,11	0,14	0,80	± 0,12
<i>T</i> -skóre <sub>2L</sub>	-	± -		-0,96	± 1,22	0,88	-1,84	± 1,05
<i>T</i> -skóre <sub>2F</sub>	-	± -		-0,57	± 0,88	0,98	-1,55	± 0,98
<b>70,00–79,99 let</b>								
<i>n</i>	274			16			113	
BMD <sub>3L</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,90	± 0,17	0,15	1,05	± 0,17	0,18	0,87	± 0,16
BMD <sub>3F</sub> (g/cm <sup>2</sup> )	0,80	± 0,14	0,12	0,92	± 0,11	0,17	0,75	± 0,12
<i>T</i> -skóre <sub>3L</sub>	-	± -		-1,08	± 1,41	1,09	-2,17	± 1,27
<i>T</i> -skóre <sub>3F</sub>	-	± -		-0,72	± 0,86	1,21	-1,93	± 0,99

*poznámka:* BMD – denzita kostního minerálu, BMD<sub>L</sub> – denzita lumbální oblasti L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub>, BMD<sub>F</sub> – denzita proximálního femuru

Mnohé studie zdůrazňují vliv distribuce tukové složky na BMD. U žen dochází k signifikantnímu zvýšení viscerálního tuku během stárnutí (Gába & Přidalová, 2014). Saarelainen, et al. (2011) zdůrazňuje, že vyšší podíl BFM v oblasti trupu je u postmenopauzálních žen především spojeno s BMD páteře, ale ne s proximálním femurem. Pokud využijeme výsledků z měření androidního a gynoidního tuku zjistíme, že vyšší podíl androidního ale i gynoidního tuku naopak lépe determinuje BMD proximálního femuru než BMD lumbální páteře. Stejný trendy vykazuje i LBM androidní a gynoidní oblasti. Zillikens, et al. (2010) popisuje vliv distribuce tělesného tuku na kostní hmotu u žen a ukazuje, že parametry tělesného tuku signifikantně korelují s BMD. Kim, et al. (2009) také popisuje důležitost viscerálního tuku na zdraví kostní tkáně u perimenopauzálních žen.

### 6.3 Tělesné složení jako faktor ovlivňující denzitu kostní tkáně

V prezentované studii jsme se primárně zaměřili na posouzení vztahu mezi BMD ve vybraných částech skeletu a tělesným složením. Gába a Kapuš (2012) podotýkají, že ženy po menopauze lze ze zdravotního hlediska považovat za velmi rizikovou skupinu. Z pohledu kostní tkáně pozorujeme v tomto období výraznou akceleraci metabolického obratu ve smyslu zvyšující se kostní resorpce. V důsledku tohoto procesu dochází ke zvýšenému počtu remodelačních míst, což může vést ke vzniku klimakterické osteoporózy.

Jak již bylo naznačeno napříč celou prací, tělesné složení je důležitým faktorem, který významně ovlivňuje BMD i ve vyšším věku. Na signifikantní vztah mezi množstvím LBM na dolních končetinách a BMD proximálního femuru upozorňuje ve své práci například Gentil, et al. (2007). Kolektiv autorů Ijuin, et al. (2002) potvrzuje, že LBM významně determinuje BMD především u premenopauzálních žen, zatímco po menopauze je dominující složkou BFM. Obdobně se k této problematice vyjadřují Douchi, et al. (1997). Přestože u žen před menopauzou sledovali signifikantní vztah mezi LBM a BMD berní páteře (L<sub>2</sub>–L<sub>4</sub>), u postmenopauzálních žen byla kostní denzita v této oblasti páteře determinována především BFM. Tyto závěry korespondují s výsledky prezentované studie a vychází z logické podstaty přibývajících BFM a poklesu LBM s věkem.

Ze studie Reginster a Burlet (2006) vyplývá, že společně s rostoucím podílem starších jedinců v populaci dochází k nárůstu jedinců s osteoporózou. Naše výsledky však poukazují na skutečnost, že se ve výzkumném souboru nevyskytovala žádná žena s osteoporózou na základě T-skóre celotělové analýzy. Pokud vezmeme v úvahu oblast proximálního femuru, nacházíme osteoporózu pouze u dvou žen (1,2 %), v oblasti lumbální páteře to bylo již 13 žen (7,8 %). V České republice je přitom postiženo osteoporózou až 33 % žen starších 50 let a téměř 47 % žen starších 70 let (Štěpán, Havelka, & Kamberská, 2002). Studie Zikána (2007) a Dítě, et al. (2007) například uvádí prevalenci osteoporózy na 5–6 % či 7–8 % obyvatel, což se lépe shoduje s našimi závěry. Například v Turecku jsou hodnoty velmi podobné jako u české populace (Tuzun, et al., 2012), zatímco ve Švédsku dosahuje prevalence osteoporózy, vzhledem k BMD proximálního femuru, u postmenopauzálních žen přibližně 21 % (Kanis, et al., 2013) zatímco prevalence osteopenie se zvyšuje z 35,5 % ve věku 50 na 49,5 % ve věku 80 (Kanis, et al., 2008). Velmi nízký výskyt (13 %) tohoto metabolického onemocnění je například u majoritní čínské populace (Wang, Tao, Hyman, Li, & Chen, 2009).

Prevalence osteoporózy u mexických žen ve věkovém rozmezí 50–74 let činí u lumbální páteře 19,8 % a u krčku femuru 7,4 %. Vysvětlením nízkého výskytu osteoporózy u námi sledovaného souboru může být například skutečnost, že námi sledované ženy disponovaly vyšší tělesnou hmotností, která je podle Reid (2002) spojena s vyššími hodnotami BMD proximálního femuru. Některé studie postmenopauzálních žen jasně ukazují vzájemný vztah mezi tukovou a kostní hmotou (Reid, 2010; Reid, et al., 1992), zatímco jiné studie poukazují na vzájemný vztah tukuprosté hmoty na kostní hmotu (Aloia, et al., 1995a; Nelson, et al., 1994). Stejně tak diagnostikovaná nadváha u sledovaného souboru postmenopauzálních žen může mít na kostní tkáň protektivní účinek (Greco, et al., 2010). Vyšší tělesná hmotnost představuje pro kost vyšší mechanickou zátěž, čímž se zvyšuje celková kostní hmota i její denzita, a je mimo jiné spojena s endokrinními změnami pozitivně ovlivňujících kostní metabolismus, což koresponduje i s naší studií. Na druhou stranu však Pirro, et al. (2010) zdůrazňují, že ačkoliv vyšší tělesná hmotnost pozitivně koreluje s BMD, je taktéž důsledkem vyššího výskytu vertebrálních fraktur u postmenopauzálních žen trpících osteoporózou.

Výsledky statistické analýzy rozdílů mezi sledovanými skupinami potvrzují, že ženy s osteopenií disponují statisticky nižším zastoupením LBM a BFM než ženy s normálním stavem kostní tkáně proximálního femuru. Ke stejnému závěru dospěli v rozsáhlé průřezové studii Kim, et al. (2009), kteří sledovali rozdíly v tělesném složení u 1 694 žen s průměrným věkem 51 let. U lumbální páteře můžeme tyto závěry potvrdit pouze u tukuprosté hmoty.

#### **6.4 Vliv tělesného složení na kostní denzitu v závislosti na době od menopauzy**

Existuje celá řada studií, která hovoří o významném vztahu mezi tělesným tukem (BFM) a kostní denzitou (BMD) napříč celou kostrou člověka. Reid (2002) a Douchi, et al. (2000) popisují signifikantní korelace mezi BFM a celotělovým BMD. Naše výsledky naopak ukazují, že kostní denzita vysvětlovala pozitivní signifikantní vazbu pouze v kategorii 11–20 let od menopauzy (YSM). Cui, et al. (2007) uvádí, že tělesný tuk signifikantně koreloval s kostní denzitou u všech parametrů proximálního femuru (s výjimkou Wardova trojúhelníku) u žen 14,4 let po menopauze. U kategorie 11 až 20 let od menopauzy jsme pozorovali podobné výsledky. Všechny korelace u proximálního femuru byly statisticky významné, ačkoliv Wardův trojúhelník vykazoval nejnižší hodnoty.

Jak v naší studii, tak i ve studii Kapuše, Gáby, Svobody a Botka (2014) byl tělesný tuk také signifikantním determinantem BMD u lumbální páteře (kromě L<sub>4</sub>). Reid (2010) prezentoval výsledky Auckland Calcium Study u 1471 zdravých žen s dobou od menopauzy 24,8 let a zjistil statisticky významný účinek tělesného tuku na kostní denzitu proximálního femuru i lumbální páteře. Korelace v kategorii 21–30 let od menopauzy ukázala v této studii stejný trend, ale změna BMD nebyla signifikantní ani u proximálního femuru ani u L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub>.

Z našich výsledků vyplývá, že denzita proximálního femuru lépe koreluje s tělesným tukem než denzita lumbální páteře ve všech věkových kategoriích závislých na době od menopauzy. Rozdíly v síle korelací mohou být vysvětleny efektem zatížení BFM mezi dolními končetinami a lumbální páteří. Obecně je kostní hmota níže situovaných segmentů těla více zatížena BFM než regiony umístěny výše. Toto tvrzení potvrzuje i Douchi, Kosha, et al. (2003).

Nicméně Reid (2002) uvádí pozitivní vztah štíhlé tělesné hmoty (LBM) s kostní denzitou. Výsledky našeho výzkumu ukazují signifikantní korelace kostní denzity jak s tělesným tukem tak štíhlou tělesnou hmotou ačkoliv tělesný tuk vykazuje nižší asociaci s kostní denzitou ve srovnání se štíhlou tělesnou hmotou pouze u kategorie 1–10 let od menopauzy. Sahin, et al. (2003); Reid (2010); Hinriksdottir, et al. (2013) zjistili, že štíhlá tělesná hmota byla signifikantně korelována s BMD lumbální páteře a proximálního femuru. U žen ve stejné kategorii závislé na době od menopauzy jsme zjistili signifikantní vztah štíhlé tělesné hmoty s denzitou lumbální páteře a proximálního femuru s podobnou silou vazby (kromě Wardova trojúhelníku). Několik autorů (C. J. Kim, et al., 2009; Li, Wagner, Holm, Lehotsky, & Zinaman, 2004) uvádí silnější korelace štíhlé tělesné hmoty s lumbální denzitou a denzitou proximálního femuru ve srovnání s tělesným tukem u perimenopauzálních žen. Navíc jsme zjistili, že štíhlá tělesná hmota lépe koreluje s BMD pouze u kategorie 1–10 let od menopauzy. Gnudi, Sitta a Fiumi (2007) také potvrzují tyto výsledky. Signifikantní účinek štíhlé tělesné hmoty v první kategorii závislé na době od menopauzy potvrzuje změny spojené se stárnutím u tělesného složení. Signifikantní úbytek štíhlé tělesné hmoty (část tukuprosté hmoty) se objevuje hlavně po pátém decenniu (Gába & Přidalová, 2014) a proto se účinek štíhlé tělesné hmoty na BMD obecně snižuje. K udržení štíhlé tělesné hmoty ve starším věku proto doporučujeme provádět rezistenční cvičení s působením gravitační síly. Cvičení zahrnující vysoko-intenzivní odporový trénink zvyšuje BMD lumbální páteře



i proximální femuru. Účinek tohoto tréninku je u žen i u mužů podobný v oblasti kyčle ale v oblasti lumbální páteře vykazuje lepší účinek u mužského pohlaví.

Ostatní autoři (Lim, et al., 2004) uvádí shodný účinek štíhlé tělesné hmoty a tělesného tuku na BMD. Dytfeld, et al. (2011) zmiňuje u žen 7,3 let od menopauzy, že štíhlá tělesná hmota je lepší prediktor BMD lumbální páteře, zatímco tělesný tuk a štíhlá tělesná hmota společně determinují BMD krčku femuru. Jejich výsledky se shodují i s výsledky naší studie pro stejnou kategorii závislou na době od menopauzy (YSM).

### 6.5 Vliv pohybové aktivity na tělesné parametry

V této kapitole jsme zkoumali vztahy mezi denní pohybovou aktivitou (PA) resp. inaktivitou (PI) a tělesnými parametry na základě plnění konceptu objemu a intenzity pohybové aktivity. Co se týče vlivu počtu kroků na tělesné složení, potvrzujeme závěry mnoha studií (Gába, Riegerová a Přidalová, 2009; Kapuš, et al., 2010; Tudor-Locke, et al., 2001), že aktivnější ženy (> 10 000 kroků/den) mají signifikantně nižší tělesnou hmotnost, tukovou hmotu a BMI. Vyšší zastoupení štíhlé tělesné hmoty však mezi kategoriemi nepozorujeme. Obdobný trend potvrzujeme i u plnění konceptu 150–300 minut za týden středně zatěžující PA. Při pohledu na kostní tkáň usuzujeme, že vyšší objem pohybové aktivity je spojen s lepšími hodnotami *T*-skóre proximálního femuru a naopak s horšími hodnotami *T*-skóre lumbální páteře (bez signifikance). Ze studie je zřejmý slabý pozitivní efekt intenzity PA na *T*-skóre proximálního femuru, zatímco lumbální páteř reagovala na zvyšující se intenzitu PA zhoršením stavu stejně jako u objemu PA. Z hlediska intenzity zatížení provozovaly ženy v absolutních hodnotách nejvíce lehkou PA (cca 430 min/týden) a chůzi. Gába a Pelclová, et al. (2009) naopak tvrdí, že postmenopauzální ženy především preferují středně zatěžující pohybovou aktivitu a chůzi. Při posouzení intenzity středně zatěžující PA dosahovalo nejvíce žen sedavého způsobu života (< 150 min/týden). Gába a Pelclová et al. (2009) rovněž uvádí, že pouze ženy, které vykonávaly více než 300 minut středně zatěžující PA, dosahovaly doporučených 10 000 kroků za den. Ženy, které docílily doporučení pro seniorskou populaci (150–300 minut středně zatěžující PA za týden), vykonaly „pouze“ 8 430 kroků za den. Z naší práce však vyplývá, že právě 150–300 minut středně zatěžující PA během týdne stačí k dosažení v průměru 10 182 kroků za den.

Existuje mnoho důkazů z epidemiologických studií, že pohybová inaktivita je rizikovým faktorem pro zlomeniny krčku femuru (Gregg, et al., 2000). Toto riziko klesá s narůstající pohybovou aktivitou a naopak riziko narůstá u jednotlivců, kteří se stanou inaktivní (Feskanich, Willett, & Colditz, 2002). V této práci jsme výrazné souvislosti PI s BMD nepozorovali. Na základě analýzy pohybové inaktivity strávily ženy s osteopenií krčku femuru či lumbální páteře více minut sedavým způsobem života než ženy s normálním BMD jak popisuje i Gába, et al. (2012).

Boyer, et al. (2011) se domnívá, že potřebný počet kroků u žen s průměrnou hmotností (65,1 kg) pomáhající udržovat normální BMD (*T*-skóre -1,0) je 4 892 kroků/den. Avšak pro gracilnější ženy je i hodnota 10 000 kroků/den nedostatečná, pokud nezvýší rychlost chůze. I studie Coupland, et al. (1999) potvrzuje, že rychlost chůze je důležitý faktor pro BMD femorálního krčku. Měření rychlosti chůze bylo mimo záměr našeho výzkumu. Nicméně na základě dat s akcelerometru ženy s normálním BMD chodily častěji a častěji dosahovaly konceptu 10 000 kroků/den v porovnání s ženami s osteopenií. Ačkoliv v této práci nebyl zkoumán vztah mezi chůzí a BMD femorálního krčku potvrzuje meta-analýza (Martyn-St James & Carroll, 2008) signifikantně pozitivní účinek chůze na ochranu krčku femuru.

## 6.6 Rozdíly mezi přístroji

Existuje mnoho technologií dostupných pro měření tělesného složení jako např. podvodní vážení, které je považováno za běžný standard. Pletysmografie s výtlačkem vzduchu (ADP) a duální rentgenová absorpciometrie (DXA) jsou relativně nové metody a v poslední době se jejich výsledky používají jako referenční (Sun, et al., 2005). Pro jejich horší finanční dostupnost je pro měření tělesného složení využívána také metoda bioelektrické impedance, která je hojně využívána v klinické praxi, ve sportovním odvětví, v medicíně a v redukčních programech (Sartorio, et al., 2004). Tato kapitola diskuze se zabývá právě komparací přístrojů pracujících na principu bioelektrické impedance a duální rentgenové absorpciometrie. Některé studie (Faria, Faria, Cardeal, & Ito, 2014; M. Kim, Shinkai, Murayama, & Mori, 2014) ukazují nadhodnocení tělesného tuku u BIA některé naopak podhodnocení (Gába, Kapuš, Cuberek, & Botek, 2014; Kitano, Kitano, Inomoto, & Futatsuka, 2001). Studie Gáby, et al.,

2014 a M. Kima, et al., 2014 ukazují metodu BIA méně přesnou. V dnešní době se za referenční metodu měření tělesného složení považuje právě metoda DXA (Faria, et al., 2014).

Existují studie postmenopauzálních žen (Flakoll, et al., 2004; Gába, et al., 2014; Sun, et al., 2005), které porovnávají přístroj DXA s monofrekvenčními přístroji pracující na principu bioelektrické impedance (Tanita, Bodystat QuadScan). Závěry těchto studií jsou ve shodě s našimi výsledky ve smyslu podhodnocení tělesného tuku u BIA oproti DXA.

Pro tento výzkum však vycházíme z multifrekvenčního BIA přístroje (InBody 720). Ze stejné metodologie vychází také např. studie Gáby, et al. (2014), která zkoumá stejný, ale neúplný vzorek populace postmenopauzálních olomouckých žen navštěvující Univerzitu třetího věku. Nacházíme zde velice podobné výsledky s naší prací jak s podhodnocením tělesného tuku, tak nadhodnocením tukuprosté hmoty u přístroje InBody 720. Faria, Faria, Cardeal a Ito (2014) využívá rovněž stejné metodologie pro měření tělesného složení u žen ve věku 18–65 let. Při pohledu na výsledkovou část jsme dospěli ke stejným závěrům ve smyslu nesignifikantního nadhodnocení tělesného tuku u přístroje InBody 720 (rozdíl 1,86 kg vs. 2,05 kg) avšak k odlišným výsledkům u štíhlé tělesné hmoty. Naše práce uvádí signifikantní ( $p < 0,01$ ) podhodnocení štíhlé tělesné hmoty přístrojem InBody 720 (rozdíl 2,73 kg), práce Faria, et al. (2014) naopak uvádí signifikantní ( $p < 0,01$ ) nadhodnocení LBM u přístroje InBody 720 (rozdíl 1,28 kg). Autoři Kim, Shinkai, Murayama a Mori (2014) vycházející ze stejné metodologie 310 žen ve věku 65–87 let prezentují shodné výsledky s naší studií ve smyslu podhodnocení LBM (o 2,73 kg) u přístroje InBody 720. Odlišné výsledky nacházíme u parametru BFM, který naopak přístroj InBody 720 nadhodnocuje o 1,99 kg.

Součástí diagnostiky měření na přístroji InBody 720 je i odhad celkových kostních minerálů (BCM). Kostní minerály tvoří až 80 % celkové hodnoty minerálů v těle a jsou odhadovány na základě jejich poměrů k hmotnosti (Riegerová, et al., 2009). V manuálu přístroje InBody 720 (Biospace, 2008) je uváděn vysoký korelační koeficient s výstupy DXA pouze verbálně, bez uvedené číselné hodnoty. Pilotní studie (Riegerová, et al., 2009) potvrdila podhodnocené nastavení rizikových hodnot tělesných a kostních minerálů u přístroje InBody 720. Pro srovnání interpretujeme rozdíly mezi přístroji ve smyslu nadhodnocení celkových kostních minerálů u InBody 720 ( $BMC_{InBody} = 2,65$  kg vs.  $BMC_{DXA} = 2,00$  kg) ve studii Riegerové, et al. (2009). Tato studie tento fakt potvrzuje se

signifikantním rozdílem mezi přístroji ( $BMC_{InBody} = 2,61$  kg vs.  $BMC_{DXA} = 2,34$  kg). Z tohoto důvodu můžeme potvrdit, že nastavení doporučené hodnoty kostních minerálů u přístroji InBody 720 je nadhodnocené.

### 6.7 Přínos a limity studie

Dizertační práce je vzhledem k nedostatku gerontologicky zaměřených studií v České republice přínosem pro databázi takto zaměřených prací.

Během měření denzity kostní tkáně byly diagnostikovány ženy s osteopenií popřípadě s již rozvinutou osteoporózou aniž by o tomto stavu věděly. Poté byla v řadě případů zahájena medikace nemoci ke zmírnění jejich následků. Přínos studie reflektuje s možností využití moderních přístrojů (InBody 720, DXA) a monitoringu pohybové aktivity na přístroji ActiGraph GT1M.

Mezi limity, které mohou narušit objektivitu prezentovaných výsledků, řadíme malý vzorek nejstarší věkové kategorie, což může ovlivňovat sílu statistického hodnocení a nerandomizovaný výběr, který nereprezentuje obyčejnou populaci postmenopauzálních žen. Naše nedávné výzkumy ukázaly, že studentky Univerzity třetího věku jsou často aktivnější, než normální populace žen (Gába, Kapuš, Pelclová, & Riegerová, 2012; Kapuš, et al., 2010).

Avšak je nutné zdůraznit, že měření probíhalo za standardních podmínek se snahou minimalizovat rušivé faktory. V oblasti bederní páteře může dojít ke zkreslení výsledku denzitometrického vyšetření vlivem stranového vyosení páteře či degenerativních změn. Nejenom v oblasti proximálního femuru mohou být výsledky zkresleny velikostí kosti proto, že DXA pracuje s dvojrozměrnou areální BMD, která je odlišná od trojrozměrné volumetrické BMD. Měli bychom také zdůraznit, že hlavní nevýhodou metody DXA je neschopnost rozlišit mezi trabekulární a kortikální kosti nebo určit geometrii kosti. Van Rijn a van Kuijk (2002) uvádí, že výpočty ignorují třetí rozměr. Nález nižší denzity může mít několik příčin včetně osteopenie, osteoporózy nebo demineralizace kosti popřípadě menší rozměry kosti. Problém spojený s výsledky denzitometrických hodnocení je také v rozdílných výsledcích ze zařízení různých výrobců a různých verzí softwaru (Genton, et al., 2002; Genton, et al., 2006). Uvědomujeme si, že můžeme porovnávat přístroje DXA s různým softwarem, ale bohužel v současné době neexistuje mnoho (především českých) studií se stejnou metodologií.

Velikost přístroje navíc neumožňuje měřit ženy přesahující tělesnou výšku 185 cm a 159 kg tělesné hmotnosti.

Další limity studie mohou vycházet z míry hydratace organismu. Míra hydratace FFM, na které závisí tělesné složení (Ritz, et al., 2008), nebyla v této studii měřena, a proto mohou být výsledky BIA ovlivněny především u žen s nadváhou či obezitou.

## 7 ZÁVĚR

V uvedené dizertační práci jsme se zaměřili na hodnocení vybraných charakteristik tělesného složení, kostní tkáně a markerů pohybové aktivity u postmenopauzálních žen ve věkovém rozmezí 50–79 let. Sledovali jsme změny související se stárnutím v období postmenopauzy, kdy dochází k jejich akceleraci. Analyzovali jsme primárně spojitosti v působení věku, tělesného složení i PA na kostní tkáň.

Během lidské ontogeneze dochází ke změnám v distribuci i poměru některých komponent tělesného složení. Odlišnosti jsou zjevné jak mezi pohlavím tak u stejného pohlaví během různých decenií. Výsledky ukazují úbytek tělesných komponent během stárnutí (např. tukuprostá hmota a tělesná výška) a naopak nárůst tělesné hmotnosti a tělesného tuku. Pro základní hodnocení zdravotního rizika se stále využívá index BMI, který však nevypovídá o poměru tělesných komponent. Z hlediska BMI jsme pozorovali nadváhu u více než 33 % žen a obezitu u více než 19 % žen v závislosti na daném přístroji. V závislosti na použitém přístroji také posuzujeme tělesný tuk, který tvořil v průměru až 34–37 % tělesné hmotnosti, což podle řady autorů řadí ženy do oblasti nadváhy. Pokud vybereme jako posuzovací kritérium hodnotu tukuprosté hmoty přepočtenou na tělesnou hmotnost zjistíme, že probandky již v průměru dosahovaly hranice vysokého zdravotního rizika 16,6–16,7 kg/m<sup>2</sup> spojeného s úbytkem proteinů a svalové hmoty. Jako problematický se jevil i index WHR, jehož hodnoty přesahovaly hranice 0,90 značící vysoké zdravotní riziko.

Z výsledků vlivu tělesného složení na kostní tkáň vyplývá doporučení sledovat a měřit účinky tělesného složení na kostní tkáň na regionální úrovni. Účinky tělesného složení závisí nejen na daném regionu ale také na době uplynulé od menopauzy. Pro každý segment v jednotlivé kategorii závislé na době od menopauzy má účinek jiná komponenta tělesného složení. Např. štíhlá tělesná hmota lépe korelovala s densitou kostí v první věkové kategorii závislé na době od menopauzy, zatímco tělesný tuk dominoval v ostatních věkových kategoriích (YSM).

Z hlediska výskytu osteoporózy jsme pozorovali 8% (největší) prevalenci u lumbální páteře naopak u proximálního femuru činila hodnota 1,2%. Prevalence osteopenie byla vyšší rovněž u lumbální páteře (51,5%) než u proximálního femuru (32,3%). Z tohoto jednoznačně vyplývá, že lumbální páteř reaguje na ontogenetické změny nejdříve.

Počet mužů a žen v Evropě se podle prognóz zvýší se současných 28 milionů na 34 milionů nemocných v roce 2025. Výsledky statistické analýzy rozdílů mezi sledovanými skupinami potvrzují, že ženy s osteopenií disponují signifikantně nižším zastoupením štíhlé tělesné hmoty a tělesného tuku než ženy s normálním stavem kostní tkáně proximálního femuru. U lumbální páteře můžeme tyto závěry potvrdit pouze u tukuprosté hmoty. Obecně denzita kostní tkáně závisí na tělesné hmotnosti. Vyšší tělesná hmotnost i BMI představují pro kost vyšší mechanickou zátěž, což pozitivně ovlivňuje remodelaci kostní tkáně. Především v první dekádě po menopauze je denzita kostní tkáně ovlivněna u lumbální páteře a proximálního femuru štíhlou tělesnou hmotou, jejíž účinek postupně klesá na úkor tělesného tuku v pozdějších věkových kategoriích. Celotělová denzita je naopak ovlivněna štíhlou tělesnou hmotou ve všech kategoriích závislých na uplynulé době od menopauzy.

Pro zdravé stárnutí je nepochybně důležitá i pohybová aktivita. V současné době je jako doporučený standard aplikován koncept 10 000 kroků za den nebo 150–300 minut středně zatěžující pohybové aktivity. Pro minimální plnění konceptu objemu PA je používáno i doporučení 5 000 kroků za den, které nezvládlo plnit jen 9 % žen. Dosažení hranice 10 000 kroků za den již nesplnilo více než 55 % žen. Pokud použijeme, jako posuzovací kritérium intenzitu PA zjistíme, že sedavý způsob život (< 150 minut/týden) vedlo až 43 % žen. Daného doporučení intenzity PA dosahovalo okolo 32 % žen a vysokou intenzitu preferovalo jen 24 % probandek.

V souladu s cíli práce jsme porovnávali difference přístrojů InBody 720 a DXA. Přístroj InBody 720 se v současné době používá v klinické praxi i sportovních odvětvích k odhadu tělesného složení. Musíme podotknout, že podle výsledků přístroj InBody 720 podhodnocuje tělesný tuk a nadhodnocuje tukuprostou hmotu a odhad kostních minerálů, což může vést k chybné interpretaci výsledků.

## 8 SOUHRN

Osteoporóza je multifaktoriální onemocnění, které způsobuje nejen zhoršení kostní tkáně, ale i dalšího života. V prezentované studii jsme se zaměřili na posouzení vybraných faktorů na kostní tkáň. Stále neexistuje konsenzus toho, které faktory determinují densitu více a které méně. Včasná diagnostika a vhodná léčba tohoto onemocnění prodlužuje život o několik let. Je proto důležité zaměřit se na rizikové skupiny obyvatelstva

Na měření tělesného složení, kostní denzity a pohybové aktivity participovalo 167 postmenopauzálních žen s průměrným věkem  $62,91 \pm 5,09$  let navštěvujících Univerzitu třetího věku v Olomouci. Ženy absolvovaly měření tělesného složení a odhad kostních minerálů na přístroji InBody 720, který pracuje na principu bioelektrické impedance. Tělesné složení a kostní denzita byla stanovena i pomocí metody DXA (duální rentgenové absorpciometrie). U 154 žen bylo součástí výzkumu i stanovení objemu a intenzity pohybové aktivity během jednoho týdne za pomoci přístroje ActiGraph GT1M.

Z jednotlivých měření vyplývá změna tělesného složení a deteriorace kostní tkáně související s ontogenezí člověka. Podle výsledků dochází s věkem k vzestupu tělesné hmotnosti, tukové frakce, BMI a k úbytku tělesné výšky, celkové tělesné vody, štíhlé tělesné hmoty a kostních minerálů. Co se týče kostní denzity, nejhůře se z měřených segmentů jevila žebra, nejlepší densitu vykazovala lebka. Především jsme se zaměřili na změny v lumbální oblasti a v oblasti proximálního femuru, ve kterých primárně dochází ke změnám během stárnutí. Nejhorší hodnoty jsme naměřili u obratle  $L_1$  a u Wardova trojúhelníku.

Při zkoumání vlivu tělesného složení na kostní tkáň usuzujeme, že denzita proximálního femuru a lumbálních obratlů lépe koreluje s tělesným tukem ve starších kategoriích spojených s dobou od menopauzy než se štíhlou tělesnou hmotou. Štíhlá tělesná hmotnost více ovlivňuje densitu zmíněných oblastí kategorií do 10 let od menopauzy. Objem ani intenzita pohybové aktivity nemá na změny v kostní tkáni výrazný vliv. Ženy, které plnily koncept 10 000 kroků za den, vykazovaly mírné zlepšení v *T*-skóre jen u proximálního femuru. Obdobný trend nalezneme i u plnění 150–300 minut středně zatěžující PA. Na druhé straně ženy, které strávily více času sedavým způsobem života, měly horší densitu kostní tkáně jak u femuru, tak u lumbální páteře.



## 9 SUMMARY

Osteoporosis is a multifactorial disease that not only causes deterioration of bone tissue, but also later life. In the present study, we focused on the assessment of selected factors on bone tissue. There is still no consensus which factors determine bone density more and which less. Early diagnosis and appropriate treatment of this disease prolongs life by several years. It is therefore important to focus on high-risk groups.

For measuring body composition, bone mineral density and physical activity participated in 167 postmenopausal women with an average age of  $62.91 \pm 5.09$  years, mainly from the University of the Third Age in Olomouc. Women underwent measurements of body composition and the estimation of bone minerals on the device InBody 720, which works on the principle of bioelectrical impedance. Body composition and bone mineral density was determined using the method DXA (dual X-ray absorptiometry). In 154 women were included in research and determining the volume and intensity of physical activity during one week using the device ActiGraph GT1M.

The individual measurements show changes in body composition and bone deterioration associated with ontogeny. According to the results there were an increase in body weight, body fat mass, BMI and loss of body height, total body water, lean body mass and bone mineral with age. Regarding bone density, the worst values from skeletal segments appeared in ribs, best density showed a skull. Primarily we focused on changes in the lumbar spine region and in the proximal femur, in which the primary changes occur during aging. The worst values were measured at the L<sub>1</sub> vertebra and Ward's triangle.

When examining the influence of body composition on bone tissue we conclude that proximal femur density correlates better with body fat mass than the density of the lumbar spine in all age categories, depending on the time since menopause. The volume and intensity of physical activity does not change in bone tissue significant effect. Women who carry the concept of 10,000 steps per day, showed a slight improvement in *T*-score only in the proximal femur. A similar trend can be found even in performance 150–300 minutes moderate PA. On the other hand, women who have spent more time sedentary had worse bone density in both the femur and at the lumbar spine.

## 10 PŘÍLOHY

### Seznam tabulek

<b>Tabulka 1.</b> <i>Optimální zastoupení procentuálního zastoupení tělesného tuku u žen podle věkových kategorií ....</i>	27
<b>Tabulka 2.</b> <i>Klasifikace body mass indexu u žen.....</i>	29
<b>Tabulka 3.</b> <i>Klasifikace BFMI a FFMI u žen .....</i>	29
<b>Tabulka 4.</b> <i>Klasifikace WHR indexu u žen podle věkové kategorie .....</i>	29
<b>Tabulka 5.</b> <i>Četnostní zastoupení vyšetřovaných osob na jednotlivých přístrojích .....</i>	49
<b>Tabulka 6.</b> <i>Četnostní zastoupení probandek v jednotlivých věkových kategoriích .....</i>	50
<b>Tabulka 7.</b> <i>Specifikace délky měření přístroje DXA Lunar Prodigy Primo™ .....</i>	52
<b>Tabulka 8.</b> <i>Absolutní a procentuální zastoupení probandek v závislosti na plnění, respektive neplnění, konceptu 10 000 kroků za den .....</i>	64
<b>Tabulka 9.</b> <i>Absolutní a procentuální zastoupení probandek podle počtu kroků vykonaných během dne .....</i>	64
<b>Tabulka 10.</b> <i>Absolutní a procentuální zastoupení probandek podle středně zatěžující intenzity pohybové aktivity ...</i>	64
<b>Tabulka 11.</b> <i>Rozdělení PA dle intenzity zatížení a doby v ní strávené .....</i>	65
<b>Tabulka 12.</b> <i>Průměrné hodnoty sledovaných somatických parametrů měřených na přístroji InBody 720 a DXA</i>	70
<b>Tabulka 13.</b> <i>Analýza rozdílu vybraných charakteristik měřených na přístroji InBody 720 mezi jednotlivými věkovými kategoriemi .....</i>	71
<b>Tabulka 14.</b> <i>Analýza rozdílu vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA mezi jednotlivými věkovými kategoriemi .....</i>	73
<b>Tabulka 15.</b> <i>Analýza rozdílu vybraných charakteristik kostní tkáně tělesných segmentů měřených na přístroji DXA mezi jednotlivými věkovými kategoriemi.....</i>	75
<b>Tabulka 16.</b> <i>Analýza rozdílu kostní tkáně lumbální oblasti páteře měřených na přístroji DXA mezi jednotlivými věkovými kategoriemi .....</i>	78
<b>Tabulka 17.</b> <i>Analýza rozdílu kostní tkáně proximálního femuru měřených na přístroji DXA mezi jednotlivými věkovými kategoriemi .....</i>	79
<b>Tabulka 18.</b> <i>Absolutní a relativní zastoupení probandek denzitometrického vyšetření L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub>.....</i>	80
<b>Tabulka 19.</b> <i>Absolutní a relativní zastoupení probandek denzitometrického vyšetření T-skóre proximálního femuru .....</i>	80
<b>Tabulka 20.</b> <i>Absolutní a relativní zastoupení probandek celotělového denzitometrického vyšetření .....</i>	80
<b>Tabulka 21.</b> <i>Analýza rozdílu vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA mezi kategoriemi na základě celotělového T-skóre.....</i>	81
<b>Tabulka 22.</b> <i>Analýza rozdílu vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA na základě T-skóre lumbální páteře .....</i>	83
<b>Tabulka 23.</b> <i>Analýza rozdílu vybraných charakteristik měřených na přístroji DXA na základě T-skóre proximálního femuru .....</i>	84
<b>Tabulka 24.</b> <i>Analýza rozdílu u vybraných parametrů v závislosti na YSM .....</i>	86
<b>Tabulka 25.</b> <i>Korelace mezi tělesným složením a segmentálním BMD ve vztahu k YSM .....</i>	87
<b>Tabulka 26.</b> <i>Základní charakteristika věku, tělesných parametrů a pohybové aktivity ve vztahu k plnění počtu kroků/den .....</i>	89
<b>Tabulka 27.</b> <i>Základní charakteristika věku, tělesných parametrů a pohybové aktivity ve vztahu k době středně zatěžující PA.....</i>	90
<b>Tabulka 28.</b> <i>Pohybová aktivita a inaktivita na základě T-skóre lumbální páteře a proximálního femuru .....</i>	92
<b>Tabulka 29.</b> <i>Popisné charakteristiky parametrů tělesného složení a kostní tkáně měřených přístroji InBody 720 a DXA ....</i>	95
<b>Tabulka 30.</b> <i>Vícenásobná regrese se závislou proměnnou celotělového BMD (g/cm<sup>2</sup>) .....</i>	95
<b>Tabulka 31.</b> <i>Vícenásobná regrese se závislou proměnnou celotělového BMD (g/cm<sup>2</sup>) .....</i>	96
<b>Tabulka 32.</b> <i>Komparace základních antropometrických parametrů sledovaného souboru žen s výsledky obdobně koncipovaných studií (BIA) .....</i>	99

<b>Tabulka 33.</b> <i>Komparace naměřeného BMD lumbální páteře a proximálního femuru sledovaného souboru žen s výsledky obdobně koncipovaných studií (DXA)</i> .....	101
--	-----

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1.</b> <i>Proximální femur (Bartoníček &amp; Heřt, 2004)</i> .....	12
<b>Obrázek 2.</b> <i>Struktura řezu proximálního femuru s uspořádáním trabekul (Bartoníček &amp; Heřt, 2004)</i> .....	12
<b>Obrázek 3.</b> <i>Charakteristika bederního obratle (upraveno dle <a href="http://www.studyblue.com">www.studyblue.com</a>)</i> .....	13
<b>Obrázek 4.</b> <i>Srovnání obratlů s normální denzitou a správnou kalcifikací trabekul (vlevo) a osteoporotického obratle s úbytkem trabekul (vpravo) (upraveno dle <a href="http://www.eurospine.org">www.eurospine.org</a>)</i> .....	13
<b>Obrázek 5.</b> <i>Porovnání lebky mladých (A) a starších jedinců (B) pomocí CT vyšetření (Skrzat, Brzegowy, Walocha, &amp; Wojciechowski, 2004)</i> .....	14
<b>Obrázek 6.</b> <i>Vztah mezi velikostí zatížení tahem a deformací kosti - převzato od (Janura, 2003)</i> .....	16
<b>Obrázek 7.</b> <i>Očekávaný vývoj počtu obyvatel podle hlavních věkových skupin do roku 2100 (střední varianta projekce)</i> .....	22
<b>Obrázek 8.</b> <i>Věkový podíl populace v projekci ČSÚ (2009)</i> .....	23
<b>Obrázek 9.</b> <i>Jednotlivé varianty vývoje počtu osob starších 65 let</i> .....	24
<b>Obrázek 10.</b> <i>Procentuální zastoupení populace ve věku 65 a více let v jednotlivých státech Evropy v roce 2011</i> .....	25
<b>Obrázek 11.</b> <i>Změna tělesných frakcí během stárnutí (Gába &amp; Přidalová, 2014)</i> .....	28
<b>Obrázek 12.</b> <i>Funkce svazkového a vějířového paprsku (upraveno dle <a href="http://www.rah.sa.gov.au">http://www.rah.sa.gov.au</a>)</i> .....	32
<b>Obrázek 13.</b> <i>Referenční hodnoty denzity kostní tkáně (BMD) u lumbální páteře (NHANES 2005–2008)</i> .....	37
<b>Obrázek 14.</b> <i>Referenční hodnoty denzity kostní tkáně (BMD) u proximálního femuru (NHANES 2005–2008)</i> .....	38
<b>Obrázek 15.</b> <i>Referenční hodnoty celkového kostního minerálu (BMC) u lumbální páteře (NHANES 2005–2008)</i> .....	38
<b>Obrázek 16.</b> <i>Referenční hodnoty celkového kostního minerálu (BMC) u proximálního femuru (NHANES 2005–2008)</i> .....	39
<b>Obrázek 17.</b> <i>DXA Lunar Prodigy Primo™ (upraveno dle <a href="http://www.gehealthcare.com">www.gehealthcare.com</a>)</i> .....	51
<b>Obrázek 18.</b> <i>Poloha těla na stole denzitometru při celotělovém skenu</i> .....	52
<b>Obrázek 19.</b> <i>Poloha dolních končetin při měření lumbální oblasti páteře</i> .....	52
<b>Obrázek 20.</b> <i>Poloha těla při denzitometrickém vyšetření proximálního femuru</i> .....	53
<b>Obrázek 21.</b> <i>Referenční graf proximálního femuru (převzato a upraveno ze softwaru enCore)</i> .....	54
<b>Obrázek 22.</b> <i>Referenční graf lumbální páteře (převzato a upraveno ze softwaru enCore)</i> .....	54
<b>Obrázek 23.</b> <i>Referenční graf celotělové denzity (převzato a upraveno ze softwaru enCore)</i> .....	55
<b>Obrázek 24.</b> <i>Vyznačení měřeného trochanteru</i> .....	58
<b>Obrázek 25.</b> <i>Vyznačení měřeného Wardova trojúhelníku</i> .....	58
<b>Obrázek 26.</b> <i>Vyznačení měřeného krčku femuru</i> .....	58
<b>Obrázek 27.</b> <i>Vyznačení měřené celkového proximálního femuru</i> .....	58
<b>Obrázek 28.</b> <i>Vyznačení lumbální oblasti L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub></i> .....	59
<b>Obrázek 29.</b> <i>Vyznačení segmentů při celotělové denzitě</i> .....	59
<b>Obrázek 30.</b> <i>Měřené oblasti celotělové denzity</i> .....	59
<b>Obrázek 31.</b> <i>Vyznačení oblastí pro měření tělesného složení na přístroji DXA s vymezením androidní a gynoidní oblastí</i> .....	60
<b>Obrázek 32.</b> <i>Počty žen v jednotlivých věkových kategoriích</i> .....	68
<b>Obrázek 33.</b> <i>Porovnání výsledného T-skóre měřených segmentů v závislosti na věkových kategoriích</i> .....	74
<b>Obrázek 34.</b> <i>Změna denzity kostní tkáně měřených segmentů těla s přibývajícím věkem</i> .....	76
<b>Obrázek 35.</b> <i>Změna denzity kostní tkáně lumbální páteře s přibývajícím věkem</i> .....	76
<b>Obrázek 36.</b> <i>Změna denzity kostní tkáně proximálního femuru s přibývajícím věkem</i> .....	77
<b>Obrázek 37.</b> <i>Vztah mezi celotělovým BMD a tělesnou hmotností, tělesným tukem a štíhlou tělesnou hmotou dle YSM kategorií</i> .....	88

<b>Obrázek 38.</b> <i>Bland-Altmanovy grafy s 95 % limity shody (LoA) a korelační analýza závislosti mezi rozdíly a průměry měřených parametrů (BFM a FFM) pomocí přístrojů InBody 720 a DXA (J. M. Bland &amp; Altman, 1986) .....</i>	93
<b>Obrázek 39.</b> <i>Bland-Altmanovy grafy s 95 % limity shody (LoA) a korelační analýza závislosti mezi rozdíly a průměry měřených parametrů (LBM a BMC) pomocí přístrojů - InBody 720 a DXA (J. M. Bland &amp; Altman, 1986) .....</i>	94
<b>Obrázek 40.</b> <i>Změna v kostní denzitě lumbální páteře a proximálního femuru u sledovaných žen v závislosti na věku.....</i>	100

### Osobní dotazník

1. Jméno a příjmení
2. Datum narození
3. V kolika letech u Vás nastala menopauza?
4. Věnovala jste se v mládí aktivně sportu? Jestli ano, tak jakému a na jaké úrovni?  
(např.: lyžování – závodně, reprezentace, volejbal – rekreačně).
5. Do kolika let jste se aktivně věnovala sportu?
6. Udržujete stále pohybovou aktivitu?
7. Kouření:
 

a) Kouřila jste v minulosti?	ANO	NE
b) Kouříte stále?	ANO	NE
c) Kolik cigaret denně vykouříte?		
8. Utrpěl některý člen Vaší rodiny závažnou zlomeninu během života (zlomeniny obratle, krčku stehenní kosti, popř. předloktí).

## 11 REFERENČNÍ SEZNAM

- Albanese, C. V., De Terlizzi, F., & Passariello, R. (2011). Quantitative ultrasound of the phalanges and DXA of the lumbar spine and proximal femur in evaluating the risk of osteoporotic vertebral fracture in postmenopausal women. *La Radiologia medica*, 116(1), 92-101.
- Albright, C., & Thompson, D. (2006). The effectiveness of walking in preventing cardiovascular disease in women: a review of the current literature. *Journal of Women's Health*, 15(3), 271-280.
- Alexandre Tda, S., Cordeiro, R. C., & Ramos, L. R. (2009). Factors associated to quality of life in active elderly. *Revista de saude publica*, 43(4), 613-621.
- Aloia, J. F., Vaswani, A., Ma, R., & Flaster, E. (1995a). To what extent is bone mass determined by fat-free or fat mass? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 61(5), 1110-1114.
- Aloia, J. F., Vaswani, A., Ma, R., & Flaster, E. (1995b). To what extent is bone mass determined by fat-free or fat mass? *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(5), 1110-1114.
- Ambrose, C. G., Kiebzak, G. M., Sabonghy, E. P., Tabor, O. B., Peindl, R. D., Clanton, T. O., et al. (2002). Biomechanical testing of cadaveric specimens: importance of bone mineral density assessment. *Foot & Ankle International*, 23(9), 850-855.
- Aviloli, L. V. (2001). *Osteoporóza - příručka pro lékaře v klinické praxi (2nd ed.)*. Praha Mezinárodní medicínské nakladatelství
- Bakker, I., Twisk, J. W., Van Mechelen, W., & Kemper, H. C. (2003). Fat-free body mass is the most important body composition determinant of 10-yr longitudinal development of lumbar bone in adult men and women. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 88(6), 2607-2613.
- Bambas, M. (2001). Postmenopauza a HRT. *Medicína*, 10(3), 12-15.
- Baptista, F., Barrigas, C., Vieira, F., Santa-Clara, H., Homens, P. M., Fragoso, I., et al. (2012). The role of lean body mass and physical activity in bone health in children. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 30(1), 100-108.
- Bartl, R., & Frisch, B. (2009). *Osteoporosis. Diagnosis, Prevention, Therapy* (2nd ed.). Berlin: Springer.
- Bartoníček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha: Maxdorf.
- Bass, S. L. (2000). The prepubertal years: a uniquely opportune stage of growth when the skeleton is most responsive to exercise? *Sports Medicine*, 30(2), 73-78.
- Berger, C., Goltzman, D., Langsetmo, L., Joseph, L., Jackson, S., Kreiger, N., et al. (2010). Peak bone mass from longitudinal data: implications for the prevalence, pathophysiology, and diagnosis of osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 25(9), 1948-1957.
- Blahoš, J. (2003). Kalcitonin. *Praktická gynekologie*, 2, 24-26.
- Blain, H., Carriere, I., Favier, F., Jeandel, C., & Papoz, L. (2004). Body weight change since menopause and percentage body fat mass are predictors of subsequent bone mineral density change of the proximal femur in women aged 75 years and older: results of a 5 year prospective study. *Calcified Tissue International*, 75(1), 32-39.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307-310.
- Bland, M. J., & Altman, G. D. (2010). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *International Journal of Nursing Studies*, 47(8), 931-936.
- Boot, A. M., de Ridder, M. A., van der Sluis, I. M., van Slobbe, I., Krenning, E. P., & Keizer-Schrama, S. M. (2010). Peak bone mineral density, lean body mass and fractures. *Bone*, 46(2), 336-341.

- Bouchard, D. R., Choquette, S., Dionne, I. J., & Brochu, M. (2011). Is fat mass distribution related to impaired mobility in older men and women? Nutrition as a determinant of successful aging: the Quebec longitudinal study. *Experimental Aging Research, 37*(3), 346-357.
- Boyanov, M. A., Popivanov, P. R., & Roux, C. (2001). Separate assessment of forearm cortical and trabecular bone density from standard densitometry data. *Annals of Medicine, 33*(7), 497-506.
- Boyer, K. A., Kiratli, B. J., Andriacchi, T. P., & Beaupre, G. S. (2011). Maintaining femoral bone density in adults: how many steps per day are enough? *Osteoporosis International, 22*(12), 2981-2988.
- Bray, G., & Gray, D. (1988). Obesity. Part I - Pathogenesis. *Western Journal of Medicine, 149*(4), 429-441.
- Broulík, P. (1999). *Osteoporóza. Osteoporóza, osteomalacie, osteodystrofie*. Praha: Maxdorf.
- Broulík, P. (2009). *Osteoporóza a její léčba* (2nd ed.). Praha: Maxdorf.
- Burge, R., Dawson-Hughes, B., Solomon, D. H., Wong, J. B., King, A., & Tosteson, A. (2007). Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005–2025. *Journal of Bone Mineral Research, 22*(3), 465-475.
- Cardadeiro, G., Baptista, F., Zymbal, V., Rodrigues, L. A., & Sardinha, L. B. (2010). Ward's area location, physical activity, and body composition in 8- and 9-year-old boys and girls. *Journal of Bone and Mineral Research, 25*(11), 2304-2312.
- Cashman, K. D. (2002). Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *British Journal of Nutrition, 87*(2), 169-177.
- Cauley, J. A., Fullman, R. L., Stone, K. L., Zmuda, J. M., Bauer, D. C., Barrett-Connor, E., et al. (2005). Factors associated with the lumbar spine and proximal femur bone mineral density in older men. *Osteoporosis International, 16*(12), 1525-1537.
- Center, J. R., Nguyen, T. V., Schneider, D., Sambrook, P. N., & Eisman, J. A. (1999). Mortality after all major types of osteoporotic fracture in men and women: an observational study. *Lancet, 353*(9156), 878-882.
- Clarke, B. L., & Khosla, S. (2009). Androgens and bone. *Steroids, 74*(3), 296-305.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Coupland, C. A., Cliffe, S. J., Bassey, E. J., Grainge, M. J., Hosking, D. J., & Chilvers, C. E. (1999). Habitual physical activity and bone mineral density in postmenopausal women in England. *International Journal of Epidemiology, 28*(2), 241-246.
- Cui, L. H., Shin, M. H., Kweon, S. S., Park, K. S., Lee, Y. H., Chung, E. K., et al. (2007). Relative contribution of body composition to bone mineral density at different sites in men and women of South Korea. *Journal of Bone and Mineral Metabolism, 25*(3), 165-171.
- Currey, J. D. (2002). *Bones: Structure and Mechanics*. New Jersey: Princeton University Press.
- Čepová, J., & Pechová, M. (2008). Osteoporóza a biochemické laboratorní markery. *FONS, 13*(8), 28-31.
- České národní fórum proti osteoporóze. (2008). Výroční zpráva Českého národního fóra proti osteoporóze (ČNFO) za rok 2008 Retrieved from [http://www.klimakterickamedicina.cz/oste o/doc/vyrocní\\_zprava\\_2008.pdf](http://www.klimakterickamedicina.cz/oste o/doc/vyrocní_zprava_2008.pdf)
- Čihák, R. (2001). *Anatomie 1* (2nd ed.). Praha: Grada.
- Dincel, V. E., Sengelen, M., Sepici, V., Cavusoglu, T., & Sepici, B. (2008). The association of proximal femur geometry with hip fracture risk. *Clinical anatomy, 21*(6), 575-580.
- Ding, J., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Taaffe, D. R., Nicklas, B. J., Visser, M., et al. (2007). Effects of birth cohort and age on body composition in a sample of community-based elderly. *American Journal of Clinical Nutrition, 85*(2), 405-410.
- Dítě, P., Fischerová, B., Groch, L., Hlinomaz, O., Hofírek, I., Hude, P., et al. (2007). *Vnitřní lékařství* (2nd ed.). Brno: Galén.
- Douchi, T., Kosha, S., Uto, H., Oki, T., Nakae, M., Yoshimitsu, N., et al. (2003). Precedence of bone loss over changes in body composition and body fat distribution

- within a few years after menopause. *Maturitas*, 46(2), 133-138.
- Douchi, T., Kuwahata, R., Matsuo, T., Uto, H., Oki, T., & Nagata, Y. (2003). Relative contribution of lean and fat mass component to bone mineral density in males. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 21(1), 17-21.
- Douchi, T., Oki, T., Nakamura, S., Ijuin, H., Yamamoto, S., & Nagata, Y. (1997). The effect of body composition on bone density in pre- and postmenopausal women. *Maturitas*, 27(1), 55-60.
- Douchi, T., Yamamoto, S., Kuwahata, R., Oki, T., Yamasaki, H., & Nagata, Y. (2000). Effect of non-weight-bearing body fat on bone mineral density before and after menopause. *Obstetrics & Gynecology*, 96(1), 13-17.
- Dreux, C. (2004). Osteoporosis, a world problem in public health. Role of health professionals. *Bulletin et memoires de l'Academie royale de medecine de Belgique*, 159(7-9), 415-423;
- Dungl, P., Chomiak, J., Matějovský, Z., Adamec, O., Kolman, J., Zvěřina, E., et al. (2005). *Ortopedie*. Praha: Grada Publishing.
- Dutka, J., & Morawiecki, P. (1997). Fractures in osteoporosis as a social, economic and therapeutic problem. *Przegląd Lekarski*, 54(3), 194-200.
- Dytfeld, J., Ignaszak-Szczepaniak, M., Gowin, E., Michalak, M., & Horst-Sikorska, W. (2011). Influence of lean and fat mass on bone mineral density (BMD) in postmenopausal women with osteoporosis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 53(2), 237-242.
- El Maghraoui, A., & Roux, C. (2008). DXA scanning in clinical practice. *Association of Physicians*, 101(8), 605-617.
- Esliger, W. D., Copeland, L. J., Barnes, D. J., & Tremblay, S. M. (2005). Standardizing and Optimizing the Use of Accelerometer Data for Free-Living Physical Activity Monitoring *Journal of Physical Activity and Health*, 2(3), 366-383.
- Everts, V., Delaisse, J. M., Korper, W., Jansen, D. C., Tigchelaar-Gutter, W., Saftig, P., et al. (2002). The bone lining cell: its role in cleaning Howship's lacunae and initiating bone formation. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17(1), 77-90.
- Fantin, F., Di Francesco, V., Fontana, G., Zivelonghi, A., Bissoli, L., Zoico, E., et al. (2007). Longitudinal body composition changes in old men and women: interrelationships with worsening disability. *The Journals of Gerontology*, 62(12), 1375-1381.
- Faria, S. L., Faria, O. P., Cardeal, M. D., & Ito, M. K. (2014). Validation study of multi-frequency bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry among obese patients. *Obesity Surgery*, 24(9), 1476-1480.
- Fassbender, W. J., Godde, M., Brandenburg, V. M., Usadel, K. H., & Stumpf, U. C. (2009). Urinary bone resorption markers (deoxypyridinoline and C-terminal telopeptide of type I collagen) in healthy persons, postmenopausal osteoporosis and patients with type I diabetes. *Advances in Medical Sciences*, 54(1), 1-6.
- Felson, D. T., Zhang, Y., Hannan, M. T., & Anderson, J. J. (1993). Effects of weight and body mass index on bone mineral density in men and women: the Framingham study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 8(5), 567-573.
- Feskanich, D., Willett, W., & Colditz, G. (2002). Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *Journal of the American Medical Association*, 288(18), 2300-2306.
- Fields, D. A., Goran, M. I., & McCrory, M. A. (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 75(3), 453-467.
- Flakoll, P. J., Kent, P., Neyra, R., Levenhagen, D., Chen, K. Y., & Ikizler, T. A. (2004). Bioelectrical impedance vs air displacement plethysmography and dual-energy X-ray absorptiometry to determine body composition in patients with end-stage renal disease. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 28(1), 13-21.
- Folsom, A. R., Kushi, L. H., & Hong, C. P. (2000). Physical activity and incident diabetes mellitus in postmenopausal

- women. *American Journal of Public Health*, 90(1), 134-138.
- Forsmo, S., Hvam, H. M., Rea, M. L., Lilleeng, S. E., Schei, B., & Langhammer, A. (2007). Height loss, forearm bone density and bone loss in menopausal women: a 15-year prospective study. *Osteoporosis International*, 18(9), 1261-1269.
- Foster, G. V. (1968). Calcitonin. A review of experimental and clinical investigations. *Postgraduate Medical Journal*, 44(511), 411-422.
- Freedson, P. S., Melanson, E., & Sirard, J. (1998). Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5), 777-781.
- Gába, A. (2011). *Hodnocení tělesného složení ve vztahu k pohybové aktivitě u žen ve věku 55-84 let*. Dizertační práce, Univerzita Palackého, Olomouc.
- Gába, A., Kapuš, O., Cuberek, R., & Botek, M. (2014). Comparison of multi- and single-frequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in postmenopausal women: effects of body mass index and accelerometer-determined physical activity. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. In press
- Gába, A., Kapuš, O., Pelclová, J., & Riegerová, J. (2012). The relationship between accelerometer-determined physical activity (PA) and body composition and bone mineral density (BMD) in postmenopausal women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54(3), 315-321.
- Gába, A., & Kapuš, O. (2012). Tělesné složení jako faktor ovlivňující kostní denzitu u postmenopauzálních žen. *Osteologický bulletin*, 17(2), 59-64.
- Gába, A., Pelclová, J., Přidalová, M., Riegerová, J., Dostálová, I., & Engelová, L. (2009). The evaluation of body composition in relation to physical activity in 56-73 years old women: A Pilot study. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 39(3), 21-30.
- Gába, A., & Přidalová, M. (2014). Age-related changes in body composition in a sample of Czech women aged 18-89 years: a cross-sectional study. *European Journal of Nutrition*, 53(1), 167-176.
- Gába, A., Riegerová, J., & Přidalová, M. (2009). Hodnocení tělesného složení u seniorek - studentek U3V pomocí InBody 720. *Česká antropologie*, 59(1-2), 25-28.
- Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 694-701.
- Ganong, W. F. (2005). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén.
- Genaro, P. S., Pereira, G. A., Pinheiro, M. M., Szejnfeld, V. L., & Martini, L. A. (2010). Influence of body composition on bone mass in postmenopausal osteoporotic women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 51(3), 295-298.
- Gentil, P., Lima, R. M., Jaco de Oliveira, R., Pereira, R. W., & Reis, V. M. (2007). Association between femoral neck bone mineral density and lower limb fat-free mass in postmenopausal women. *Journal of Clinical Densitometry*, 10(2), 174-178.
- Genton, L., Hans, D., Kyle, U. G., & Pichard, C. (2002). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition*, 18(1), 66-70.
- Genton, L., Karsegard, V. L., Zawadzinski, S., Kyle, U. G., Pichard, C., Golay, A., et al. (2006). Comparison of body weight and composition measured by two different dual energy X-ray absorptiometry devices and three acquisition modes in obese women. *Clinical Nutrition*, 25(3), 428-437.
- Gnudi, S., Sitta, E., & Fiumi, N. (2007). Relationship between body composition and bone mineral density in women with and without osteoporosis: relative contribution of lean and fat mass. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 25(5), 326-332.
- Greco, E. A., Fornari, R., Rossi, F., Santiemma, V., Prossomariti, G., Annoscia, C., et al. (2010). Is obesity protective for osteoporosis? Evaluation of bone mineral density in individuals with high body mass



- index. *International Journal of Clinical Practice*, 64(6), 817-820.
- Gregg, E. W., Pereira, M. A., & Caspersen, C. J. (2000). Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(8), 883-893.
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., et al. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081-1093.
- Hatano, Y. (1993). Use of the pedometer for promoting daily walking exercise. *International Council for Health, Physical Education, and Recreation*, 29, 4-8.
- Hazenbergh, J. G., Hentunen, T. A., Heino, T. J., Kurata, K., Lee, T. C., & Taylor, D. (2009). Microdamage detection and repair in bone: fracture mechanics, histology, cell biology. *Technology and Health Care*, 17(1), 67-75.
- Heaney, R. P. (2003). How does bone support calcium homeostasis?. *Bone*, 33(3), 264-268.
- Heaney, R. P., Abrams, S., Dawson-Hughes, B., Looker, A., Marcus, R., Matkovic, V., et al. (2000). Peak bone mass. *Osteoporosis International*, 11(12), 985-1009.
- Hendl, J. (2008). *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace* (2nd ed.). Praha: Portál.
- Hernlund, E., Svedbom, A., Ivergard, M., Compston, J., Cooper, C., Stenmark, J., et al. (2013). Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). *Archives of Osteoporosis*, 8(1-2), 136.
- Heymsfield, S., Lohman, T. G., Wang, Z., & Going, S. B. (2005). *Human body composition* (2nd ed.). IL: Champaign: Human Kinetics
- Heyward, V., & Wagner, D. (2004). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hinriksdottir, G., Arngrimsson, S. A., Misisic, M., & Evans, E. M. (2013). Lean soft tissue contributes more to bone health than fat mass independent of physical activity in women across the lifespan. *Maturitas*, 74(3), 264-269.
- Holbrook, T. L., & Barrett-Connor, E. (1993). The association of lifetime weight and weight control patterns with bone mineral density in an adult community. *Bone and Mineral*, 20(2), 141-149.
- Hrčková, Y., & Šarapatková, H. (2004). Osteoporóza. *Interní medicína*, 6(1), 37-39.
- Hu, G., Tuomilehto, J., Silventoinen, K., Barengo, N., & Jousilahti, P. (2004). Joint effects of physical activity, body mass index, waist circumference and waist-to-hip ratio with the risk of cardiovascular disease among middle-aged Finnish men and women. *European Heart Journal*, 25(24), 2212-2219.
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., et al. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(7), 1510-1530.
- Chubak, J., Ulrich, C. M., Tworoger, S. S., Sorensen, B., Yasui, Y., Irwin, M. L., et al. (2006). Effect of exercise on bone mineral density and lean mass in postmenopausal women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(7), 1236-1244.
- Ijuin, M., Douchi, T., Matsuo, T., Yamamoto, S., Uto, H., & Nagata, Y. (2002). Difference in the effects of body composition on bone mineral density between pre- and postmenopausal women. *Maturitas*, 43(4), 239-244.
- Iki, M., Saito, Y., Kajita, E., Nishino, H., & Kusaka, Y. (2006). Trunk muscle strength is a strong predictor of bone loss in postmenopausal women. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 443, 66-72.
- Janíček, P., Dufek, P., Chaloupka, R., Krbec, M., Novotný, M., Poul, J., et al. (2007). *Ortopedie*. Brno: Masarykova univerzita.

- Janura, M. (2003). *Úvod biomechaniky pohybového systému člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Jeffery, A. K., Blunn, G. W., Archer, C. W., & Bentley, G. (1991). Three-dimensional collagen architecture in bovine articular cartilage. *The Bone & Joint Journal*, 73(5), 795-801.
- Jensen, G. L., & Rogers, J. (1998). Obesity in older persons. *Journal of the American Dietetic Association*, 98(11), 1308-1311.
- Junquiera, L. C., & Carneiro, J. (2007). *Basic histology: text & atlas* (10th ed.). Ventura, California: Academic Internet Publishers.
- Kalvach, Z., Zadák, Z., Jiráček, R., Závázalová, H., & Sucharda, P. (2004). *Geriatric gerontology*. Praha: Grada Publishing.
- Kanis, J. A., McCloskey, E. V., Johansson, H., Cooper, C., Rizzoli, R., Reginster, J. Y., et al. (2013). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 24(1), 23-57.
- Kanis, J. A., McCloskey, E. V., Johansson, H., Oden, A., Melton, L. J., 3rd, & Khaltav, N. (2008). A reference standard for the description of osteoporosis. *Bone*, 42(3), 467-475.
- Kapuš, O., Gába, A., Riegerová, J., & Pelclová, J. (2010). Hodnocení vztahů tělesného složení, pohybové aktivity a kostní denzity u postmenopauzálních žen. *Česká antropologie*, 60(1), 5-9.
- Kapuš, O., Gába, A., Svoboda, Z., & Botek, M. (2014). Relationship between body composition and bone mineral density of the lumbar spine and proximal femur: influence of years since menopause. *Modern Rheumatology*, 24(3), 505-510.
- Karlsson, M. K., Nordqvist, A., & Karlsson, C. (2008). Physical activity increases bone mass during growth. *Food & Nutrition Research*, 52.
- Khan, K., McKay, H., Kannus, P., Bailey, D., Wark, J., & Bennell, K. (2001). *Physical activity and bone health*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kim, C. J., Oh, K. W., Rhee, E. J., Kim, K. H., Jo, S. K., Jung, C. H., et al. (2009). Relationship between body composition and bone mineral density (BMD) in perimenopausal Korean women. *Clinical Endocrinology (Oxford)*, 71(1), 18-26.
- Kim, K. C., Ha, Y. C., Kim, T. Y., Choi, J. A., & Koo, K. H. (2010). Initially missed occult fractures of the proximal femur in elderly patients: implications for need of operation and their morbidity. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 130(7), 915-920.
- Kim, M., Shinkai, S., Murayama, H., & Mori, S. (2014). Comparison of segmental multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body composition in a community-dwelling older population. *Geriatrics & Gerontology International*, In press.
- Kimura, A. (2004). The medical economic problem of the cost with the treatment for the fractures based on osteoporosis. *Clinical Calcium*, 14(3), 371-376.
- Kingsmill, V. J., & Boyde, A. (1999). Mineralization density and apparent density of bone in cranial and postcranial sites in the aging human. *Osteoporosis International*, 9(3), 260-268.
- Kirchengast, S., Peterson, B., Hauser, G., & Knogler, W. (2001). Body composition characteristics are associated with the bone density of the proximal femur end in middle- and old-aged women and men. *Maturitas*, 39(2), 133-145.
- Kitano, T., Kitano, N., Inomoto, T., & Futatsuka, M. (2001). Evaluation of body composition using dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold thickness and bioelectrical impedance analysis in Japanese female college students. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology (Tokyo)*, 47(2), 122-125.
- Klán, J., & Topinková, E. (2003). Pády a jejich rizikové faktory ve stáří. *Česká geriatrická revue*, 2, 39-41.
- Knight, J., & Nigam, Y. (2008). Exploring the anatomy and physiology of ageing. Part 10- muscles and bone. *Nursing Times*, 104(48), 22-23.
- Kocián, J., & Macourková, M. (2000). *Cvičení při odvápnění kostí* (5 ed.). Praha: Triton.
- Krumm, E. M., Dessieux, O. L., Andrews, P., & Thompson, D. L. (2006). The Relationship between Daily Steps and Body Composition

- in Postmenopausal Women. *Journal of Women's Health*, 15(2), 202-210.
- Kyle, U. G., Genton, L., Gremion, G., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2004). Aging, physical activity and height-normalized body composition parameters. *Clinical Nutrition*, 23(1), 79-88.
- Kyle, U. G., Genton, L., Hans, D., Karsegard, V. L., Michel, J. P., Slosman, D. O., et al. (2001). Total body mass, fat mass, fat-free mass, and skeletal muscle in older people: cross-sectional differences in 60-year-old persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49(12), 1633-1640.
- Kyle, U. G., Genton, L., Lukaski, H. C., Dupertuis, Y. M., Slosman, D. O., Hans, D., et al. (2005). Comparison of fat-free mass and body fat in Swiss and American adults. *Nutrition*, 21(2), 161-169.
- Kyle, U. G., Morabia, A., Schutz, Y., & Pichard, C. (2004). Sedentarism affects body fat mass index and fat-free mass index in adults aged 18 to 98 years. *Nutrition*, 20(3), 255-260.
- Kyle, U. G., Schutz, Y., Dupertuis, Y. M., & Pichard, C. (2003). Body composition interpretation. Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*, 19(7-8), 597-604.
- Lekamwasam, S., & Lenora, R. S. (2003). Effect of leg rotation on hip bone mineral density measurements. *Journal of Clinical Densitometry*, 6(4), 331-336.
- Leslie, W. D., Caetano, P. A., & Roe, E. B. (2005). The impact of hip subregion reference data on osteoporosis diagnosis. *Osteoporosis International*, 16(12), 1669-1674.
- Li, S., Wagner, R., Holm, K., Lehotsky, J., & Zinaman, M. J. (2004). Relationship between soft tissue body composition and bone mass in perimenopausal women. *Maturitas*, 47(2), 99-105.
- Lim, S., Joung, H., Shin, C. S., Lee, H. K., Kim, K. S., Shin, E. K., et al. (2004). Body composition changes with age have gender-specific impacts on bone mineral density. *Bone*, 35(3), 792-798.
- Lima, R. M., Bezerra, L. M., Rabelo, H. T., Silva, M. A., Silva, A. J., Bottaro, M., et al. (2009). Fat-free mass, strength, and sarcopenia are related to bone mineral density in older women. *Journal of Clinical Densitometry*, 12(1), 35-41.
- Looker, A. C., Borrud, L. G., Hughes, J. P., Fan, B., Shepherd, J. A., & Melton, L. J., 3rd. (2012). Lumbar spine and proximal femur bone mineral density, bone mineral content, and bone area: United States, 2005-2008. *Vital and Health Statistics* 11(251), 1-132.
- Looker, A. C., Orwoll, E. S., Johnston, C. C., Jr., Lindsay, R. L., Wahner, H. W., Dunn, W. L., et al. (1997). Prevalence of low femoral bone density in older U.S. adults from NHANES III. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12(11), 1761-1768.
- Lu, L. J., Nayeem, F., Anderson, K. E., Grady, J. J., & Nagamani, M. (2009). Lean body mass, not estrogen or progesterone, predicts peak bone mineral density in premenopausal women. *The Journal of Nutrition*, 139(2), 250-256.
- Lu, Y., Wang, L., Hao, Y., Wang, Z., Wang, M., & Ge, S. (2013). Analysis of trabecular distribution of the proximal femur in patients with fragility fractures. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 14, 130.
- Máček, M., Radvanský, J., Brůnová, B., Daňová, K., Fajstavr, J., Kolář, P., et al. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity* Praha: Galén.
- Macháčová, K., Bunc, V., Vaňková, H., Holmerová, I., & Veleta, P. (2007). Zkušenosti s hodnocením tělesné zdatnosti seniorů metodou "senior fitness test". *Česká geriatrická revue*, 5(4), 248-253.
- Martyn-St James, M., & Carroll, S. (2008). Meta-analysis of walking for preservation of bone mineral density in postmenopausal women. *Bone*, 43(3), 521-531.
- Masopust, J., & Průša, R. (2003). *Patobiochemie buňky*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta.
- Mazess, R. B., Hanson, J. A., Payne, R., Nord, R., & Wilson, M. (2000). Axial and total-body bone densitometry using a narrow-angle fan-beam. *Osteoporosis International*, 11(2), 158-166.
- McKay, H., Liu, D., Egeli, D., Boyd, S., & Burrows, M. (2011). Physical activity positively predicts bone architecture and bone strength in adolescent males and females. *Acta Paediatrica*, 100(1), 97-101.

- McTiernan, A., Kooperberg, C., White, E., Wilcox, S., Coates, R., Adams-Campbell, L. L., et al. (2003). Recreational physical activity and the risk of breast cancer in postmenopausal women: the Women's Health Initiative Cohort Study. *The Journal of the American Medical Association*, 290(10), 1331-1336.
- McTiernan, A., Tworoger, S. S., Rajan, K. B., Yasui, Y., Sorenson, B., Ulrich, C. M., et al. (2004). Effect of exercise on serum androgens in postmenopausal women: a 12-month randomized clinical trial. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 13(7), 1099-1105.
- Motherway, J. A., Verschueren, P., Van der Perre, G., Vander Sloten, J., & Gilchrist, M. D. (2009). The mechanical properties of cranial bone: the effect of loading rate and cranial sampling position. *Journal of Biomechanics*, 42(13), 2129-2135.
- Munch, S., & Shapiro, S. (2006). The silent thief: osteoporosis and women's health care across the life span. *Health & Social Work*, 31(1), 44-53.
- Murphy, S. L. (2009). Review of physical activity measurement using accelerometers in older adults: Considerations for research design and conduct. *Preventive Medicine*, 48(2), 108-114.
- Nelson, M. E., Fiatarone, M. A., Morganti, C. M., Trice, I., Greenberg, R. A., & Evans, W. J. (1994). Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial. *The Journal of the American Medical Association*, 272(24), 1909-1914.
- Nixon, M. F., Ibrahim, T., Johari, Y., Eltayef, S., Hariharan, D., & Taylor, G. J. (2007). Managing osteoporosis in patients with fragility fractures: did the British Orthopaedic Association guidelines have any impact? *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 89(5), 504-509.
- Palacios, S., Henderson, V. W., Siseles, N., Tan, D., & Villaseca, P. (2010). Age of menopause and impact of climacteric symptoms by geographical region. *Climacteric*, 13(5), 419-428.
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., et al. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *The Journal of the American Medical Association*, 273(5), 402-407.
- Patel, A. V., Callel, E. E., Bernstein, L., Wu, A. H., & Thun, M. J. (2003). Recreational physical activity and risk of postmenopausal breast cancer in a large cohort of US women. *Cancer Causes and Control*, 14(6), 519-529.
- Pelclová, J., Gába, A., Přidalová, M., Engelová, L., Tlučáková, L., & Zajac-Gawlak, I. (2009). Vztah mezi doporučeními vztahujícími se k množství pohybové aktivity a vybranými ukazateli zdraví u žen navštěvujících Univerzitu třetího věku. *Tělesná kultura*, 32(2), 64-78.
- Perez, A. V., Picotto, G., Carpentieri, A. R., Rivoira, M. A., Peralta Lopez, M. E., & Tolosa de Talamoni, N. G. (2008). Minireview on regulation of intestinal calcium absorption. Emphasis on molecular mechanisms of transcellular pathway. *Digestion*, 77(1), 22-34.
- Peterson, J. (1999). Osteoporosis, the silent thief. *Kansas Association of Nursing Students*, 74(3), 1-2.
- Pigozzi, F., Rizzo, M., Giombini, A., Parisi, A., Fagnani, F., & Borriore, P. (2009). Bone mineral density and sport: effect of physical activity. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(2), 177-183.
- Pirro, M., Fabbriani, G., Leli, C., Callarelli, L., Manfredelli, M. R., Fioroni, C., et al. (2010). High weight or body mass index increase the risk of vertebral fractures in postmenopausal osteoporotic women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 28(1), 88-93.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2002). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2008). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Puntilla, E., Kroger, H., Lakka, T., Tuppurainen, M., Jurvelin, J., & Honkanen, R. (2001). Leisure-time physical activity and rate of bone loss among peri- and

- postmenopausal women: a longitudinal study. *Bone*, 29(5), 442-446.
- Rajamanohara, R., Robinson, J., Rymer, J., Patel, R., Fogelman, I., & Blake, G. M. (2011). The effect of weight and weight change on the long-term precision of spine and hip DXA measurements. *Osteoporosis International*, 22(5), 1503-1512.
- Reeve, J., Walton, J., Russell, L. J., Lunt, M., Wolman, R., Abraham, R., et al. (1999). Determinants of the first decade of bone loss after menopause at spine, hip and radius. *Association of Physicians*, 92(5), 261-273.
- Reginster, J. Y., & Burlet, N. (2006). Osteoporosis: a still increasing prevalence. *Bone*, 38(2), 4-9.
- Reid, I. R. (2002). Relationships among body mass, its components, and bone. *Bone*, 31(5), 547-555.
- Reid, I. R. (2010). Fat and bone. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 503(1), 20-27.
- Reid, I. R., Ames, R., Evans, M. C., Sharpe, S., Gamble, G., France, J. T., et al. (1992). Determinants of total body and regional bone mineral density in normal postmenopausal women—a key role for fat mass. *The Journal of the Clinical Endocrinology & Metabolism*, 75(1), 45-51.
- Riegerová, J., Gába, A., Přidalová, M., & Langrová, I. (2009). Hodnocení osteopenie a osteoporózy u žen ve věku senescence pomocí přístroje DXA a InBody 720. *Slovenská antropológia*, 12(2), 42-48.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- Ritz, P., Vol, S., Berrut, G., Tack, I., Arnaud, M. J., & Tichet, J. (2008). Influence of gender and body composition on hydration and body water spaces. *Clinical Nutrition*, 27(5), 740-746.
- Rodrigues, A., Caetano-Lopes, J., Nery, A., Sousa, E., Polido-Pereira, J., Vale, M., et al. (2009). Evaluation of bone mechanical strength and fracture risk assessment (Frax) in patients with hip joint replacement surgery. *Acta Reumatologica Portuguesa*, 34(3), 504-510.
- Rocher, E., Chappard, C., Jaffre, C., Benhamou, C. L., & Courteix, D. (2008). Bone mineral density in prepubertal obese and control children: relation to body weight, lean mass, and fat mass. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 26(1), 73-78.
- Rosen, C. J. (2005). Clinical practice. Postmenopausal osteoporosis. *The New England Journal of Medicine*, 353(6), 595-603.
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1997). Successful aging. *The Gerontologist*, 37(4), 433-440.
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (2000). Successful aging and disease prevention. *Advances in Renal Replacement Therapy*, 7(1), 70-77.
- Saarelainen, J., Honkanen, R., Kroger, H., Tuppurainen, M., Jurvelin, J. S., & Niskanen, L. (2011). Body fat distribution is associated with lumbar spine bone density independently of body weight in postmenopausal women. *Maturitas*, 69(1), 86-90.
- Sahin, G., Polat, G., Baethis, S., Milcan, A., Baethdatoethlu, O., Erdoethan, C., et al. (2003). Body composition, bone mineral density, and circulating leptin levels in postmenopausal Turkish women. *Rheumatology International*, 23(2), 87-91.
- Salamone, L. M., Fuerst, T., Visser, M., Kern, M., Lang, T., Dockrell, M., et al. (2000). Measurement of fat mass using DEXA: a validation study in elderly adults. *Journal of Applied Physiology* (1985), 89(1), 345-352.
- Salem, G. J., Skinner, J. S., Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., et al. (2009). Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(7), 1510-1530.
- Sambrook, P. N., & Naganathan, V. (1997). How do we manage specific types of osteoporosis? *Bailliere's Clinical Rheumatology*, 11(3), 597-612.
- Sartorio, A., Proietti, M., Marinone, P. G., Agosti, F., Adorni, F., & Lafortuna, C. L. (2004). Influence of gender, age and BMI on lower limb muscular power output in a large population of obese men and women. *International Journal of Obese and Relative Metabolism Disorders*, 28(1), 91-98.
- Selby, P. (2004). Postmenopausal osteoporosis. *Current Osteoporosis Reports*, 2(3), 101-106.

- Schnabel, M., Eser, G., Ziller, V., Mann, D., Mann, E., & Hadji, P. (2005). [Bone mineral density in postmenopausal women with proximal femoral fractures-comparative study between quantitative ultrasonometry and gold standard DXA]. *Zentralblatt fur Chirurgie*, 130(5), 469-475.
- Schulte-Geers, C., Obert, M., Schilling, R. L., Harth, S., Traupe, H., Gizewski, E. R., et al. (2011). Age and gender-dependent bone density changes of the human skull disclosed by high-resolution flat-panel computed tomography. *International Journal of Legal Medicine*, 125(3), 417-425.
- Sirola, J., & Kroger, H. (2011). Similarities in acquired factors related to postmenopausal osteoporosis and sarcopenia. *Journal of Osteoporosis*, 2011, 1-15.
- Sirola, J., Rikonen, T., Tuppurainen, M., Honkanen, R., Jurvelin, J. S., & Kroger, H. (2006). Maintenance of muscle strength may counteract weight-loss-related postmenopausal bone loss-a population-based approach. *Osteoporosis International*, 17(5), 775-782.
- Skrzat, J., Brzegowy, P., Walocha, J., & Wojciechowski, W. (2004). Age dependent changes of the diploe in the human skull. *Folia Morphologica*, 63(1), 67-70.
- Spiriduso, W., Francis, K., & MacRae, P. (2005). *Physical dimensions of aging*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Srivastava, A. K., Libanati, C., Hohmann, O., Kriegman, A., & Baylink, D. J. (2004). Acute effects of calcitonin nasal spray on serum C-telopeptide of type 1 collagen (CTX) levels in elderly osteopenic women with increased bone turnover. *Calcified Tissue International*, 75(6), 477-481.
- StatSoft. (2009). *Statistica 9*. Tulsa, OK: StatSoft.
- Sun, G., French, C. R., Martin, G. R., Youngusband, B., Green, R. C., Xie, Y. G., et al. (2005). Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 74-78.
- Štěpán, J., Havelka, S., & Kamberská, Z. (2002). Epidemiologie der Osteoporose in der Tschechischen Republik. *Journal für Mineralstoffwechsel*, 9(3), 7-13.
- Šumník, Z., & Souček, O. (2009). Diagnostika osteoporózy v dětském věku. *Osteologický bulletin*, 14(2), 41-48.
- Taylor, J. G., & Bushinsky, D. A. (2009). Calcium and phosphorus homeostasis. *Blood Purification*, 27(4), 387-394.
- The Swedish National Institute of Public Health. (2007). *Healthy Ageing - A Challenge for Europe*: Huskvarna: NRS Tryckeri AB.
- Tok, E. C., Ertunc, D., Oz, U., Camdeviren, H., Ozdemir, G., & Dilek, S. (2004). The effect of circulating androgens on bone mineral density in postmenopausal women. *Maturitas*, 48(3), 235-242.
- Toombs, R. J., Ducher, G., Shepherd, J. A., & De Souza, M. J. (2012). The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. [Review]. *Obesity*, 20(1), 30-39.
- Tohill, P., Weir, N., & Loveland, J. (2014). Errors in dual-energy X-ray scanning of the hip because of nonuniform fat distribution. *Journal of Clinical Densitometry*, 17(1), 91-96.
- Tudor-Locke, C., Ainsworth, B., Whitt, M., Thompson, R., Addy, C., & Jones, D. (2001). The relationship between pedometer-determined ambulatory activity and body composition variables. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 25(11), 1571.
- Tudor-Locke, C., & Bassett, D. (2004). How Many Steps/Day Are Enough?: Preliminary Pedometer Indices for Public Health. *Sports Medicine*, 34(1), 1-8.
- Tudor-Locke, C. E., & Myers, A. M. (2001). Challenges and opportunities for measuring physical activity in sedentary adults. *Sports Medicine*, 31(2), 91-100.
- Turner, A. S., Maillet, J. M., Mallinckrodt, C., & Cordain, L. (1997). Bone mineral density of the skull in premenopausal women. *Calcified Tissue International*, 61(2), 110-113.
- Tuzun, S., Eskiyurt, N., Akarirmak, U., Saridogan, M., Senocak, M., Johansson, H.,

- et al. (2012). Incidence of hip fracture and prevalence of osteoporosis in Turkey: the FRACTURK study. *Osteoporosis International*, 23(3), 949-955.
- U. S. Department of Health and Human Services. (2008). Physical activity guidelines for Americans. *The Oklahoma Nurse*, 53(4), 25.
- U. S. Department of Health and Human Services. (2008). 2008 physical activity guidelines for Americans be active, healthy, and happy!, ODPHP publication no. U0036pp. ix, 61 p.). Available from <http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS112866>
- Vainionpaa, A., Korpelainen, R., Vaananen, H. K., Haapalahti, J., Jamsa, T., & Leppaluoto, J. (2009). Effect of impact exercise on bone metabolism. *Osteoporosis International*, 20(10), 1725-1733.
- van Rijn, R. R., & van Kuijk, C. (2002). Bone densitometry in children. [Review]. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 6(3), 233-240.
- Varo, J. J., Martinez-Gonzalez, M. A., De Irala-Estevez, J., Kearney, J., Gibney, M., & Martinez, J. A. (2003). Distribution and determinants of sedentary lifestyles in the European Union. *International Journal of Epidemiology*, 32(1), 138-146.
- Visser, M., Langlois, J., Guralnik, J. M., Cauley, J. A., Kronmal, R. A., Robbins, J., et al. (1998). High body fatness, but not low fat-free mass, predicts disability in older men and women: the Cardiovascular Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68(3), 584-590.
- Waanders, D., Janssen, D., Miller, M. A., Mann, K. A., & Verdonchot, N. (2009). Fatigue creep damage at the cement-bone interface: an experimental and a micro-mechanical finite element study. *Journal of Biomechanics*, 42(15), 2513-2519.
- Wallace, B. A., & Cumming, R. G. (2000). Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 67(1), 10-18.
- Wang, Y., Tao, Y., Hyman, M. E., Li, J., & Chen, Y. (2009). Osteoporosis in china. *Osteoporosis International*, 20(10), 1651-1662.
- Watts, N. B., Lewiecki, E. M., Miller, P. D., & Baim, S. (2008). National Osteoporosis Foundation 2008 Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis and the World Health Organization Fracture Risk Assessment Tool (FRAX): what they mean to the bone densitometrist and bone technologist. *Journal of Clinical Densitometry*, 11(4), 473-477.
- Wilsgaard, T., Emaus, N., Ahmed, L. A., Grimnes, G., Joakimsen, R. M., Omsland, T. K., et al. (2009). Lifestyle impact on lifetime bone loss in women and men: the Tromso Study. *American Journal of Epidemiology*, 169(7), 877-886.
- Woodrow, G. (2009). Body composition analysis techniques in the aged adult: indications and limitations. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 12(1), 8-14.
- World Health Organization. (1994). *Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (1998). *Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2003). Prevention and management of osteoporosis. *World Health Organization technical report series*, 921, 1-164.
- Zemel, B., Bass, S., Binkley, T., Ducher, G., Macdonald, H., McKay, H., et al. (2008). Peripheral quantitative computed tomography in children and adolescents: the 2007 ISCD Pediatric Official Positions. *Journal of Clinical Densitometry*, 11(1), 59-74.
- Zhang, H., Chai, X., Li, S., Zhang, Z., Yuan, L., Xie, H., et al. (2013). Age-related changes in body composition and their relationship with bone mineral density decreasing rates in central south Chinese postmenopausal women. *Endocrine*, 43(3), 643-650.
- Zikán, V. (2007). Glukokortikoidy a osteoporóza. *Vnitřní lékařství*, 53, 831-840.
- Zikán, V. (2009). Farmakologická léčba postmenopauzální osteoporózy. *Medicina pro praxi*, 6(3), 126-133.

Zillikens, M. C., Uitterlinden, A. G., van Leeuwen, J. P., Berends, A. L., Henneman, P., van Dijk, K. W., et al. (2010). The role of body mass index, insulin, and adiponectin in the relation between fat distribution and bone mineral density. *Calcified Tissue International*, 86(2), 116-125.



**Dizertační práce:** Možnosti hodnocení osteopenie a osteoporózy  
na přístroji InBody 720 a DXA u  
postmenopauzálních žen

**Autor:** Mgr. Ondřej Kapuš  
**Školitel:** prof. RNDr. Jarmila Riegerová, CSc.  
**Studijní obor:** Kinantropologie

**Rozsah práce:** 128 stran  
40 obrázků  
33 tabulek  
1x CD-ROM