

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury



**Hodnocení kvality kostní tkáně ve vztahu k pohybové aktivitě
u žen po menopauze**

diplomová práce

Autor práce: Eva Kratochvilová

Studijní obor: Rekreatologie

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

Olomouc 2012

Jméno a příjmení autora: Eva Kratochvilová

Název diplomové práce: Hodnocení kvality kostní tkáně ve vztahu k pohybové aktivitě u žen po menopauze

Vedoucí diplomové práce: prof. RNDr. Jarmila Riegerová, CSc.

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Rok obhajoby diplomové práce: 2012

Abstrakt: Hlavním cílem diplomové práce bylo posoudit kostní denzitu v jednotlivých částech skeletu a vybrané ukazatelé pohybové aktivity u žen po menopauze. Na výzkumu participovalo 61 postmenopauzálních žen ve věkovém rozpětí 50–75 let. Kostní tkáň byla vyšetřena metodou dvouenergií rentgenové absorpciometrie, objem a intenzita pohybové aktivity byly monitorovány pomocí akcelerometru ActiGraph GT1M. Na základě výsledků analýzy jsme definovali nejméně stabilní segmenty skeletu a posoudili vliv pohybové aktivity během dospívání a v současnosti na kvalitu kostní tkáně ve sledovaných úsecích.

Klíčová slova: osteoporóza, kostní denzita, proximální femur, bederní páteř, doporučení k pohybové aktivitě

Diplomová práce byla zpracována v rámci projektu: „Hodnocení stavu kostní tkáně proximálního femuru u žen s odlišnou úrovní pohybové aktivity (FTK_2011_014)“.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Eva Kratochvilová

Title of the master thesis: Evaluation of bone mineral density in relation to physical activity in postmenopausal women

Supervisor: prof. RNDr. Jarmila Riegerová, CSc.

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

The year of presentation: 2012

Abstract: The main objective of this thesis was to evaluate bone mineral density in different parts of the skeleton and selected indicators of physical activity in women after menopause. The research participated in 61 postmenopausal women in the age range 50-75 years. Bone tissue was examined by dual-energy x-ray absorptiometry, volume and intensity of physical activity were monitored using an accelerometer ActiGraph GT1M. Based on the results of the analysis, we defined the least stable segments of the skeleton and the impact of physical activity during adolescence and is currently on the quality of bone tissue in selected sections.

Keywords: osteoporosis, bone density, proximal femur, lumbar spine, recommendations for physical activity

The master thesis has been supported by the project: "Evaluation of bone tissue of the proximal femur in women with different level of physical activity (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 vedoucí práce prof. RNDr. Jarmile Riegerové, CSc. za celou řadu cenných nápadů, metodické vedení a věcné připomínky.

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci zpracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Jarmily Riegerové, CSc. a uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

v Olomouci dne 10. dubna 2012

1 ÚVOD	8
2 SYNTÉZA POZNATKŮ	9
2.1 KOSTERNÍ SOUSTAVA.....	9
2.1.1 <i>Kostní tkáň</i>	9
2.1.2 <i>Stavba kosti</i>	10
2.1.3 <i>Tvar kostí</i>	12
2.1.4 <i>Cévní zásobení</i>	12
2.1.5 <i>Inervace</i>	12
2.1.6 <i>Růst a vývoj kostí</i>	13
2.1.7 <i>Kostní věk</i>	16
2.2 PATOGENEZE OSTEOPORÓZY.....	17
2.2.1 <i>Etiologie osteoporózy</i>	19
2.2.2 <i>Klinické projevy osteoporózy</i>	22
2.3 DIAGNOSTIKA OSTEOPORÓZY.....	24
2.4 PREVENCE OSTEOPORÓZY.....	27
2.4.1 <i>Kalcium a vitamin D</i>	28
2.4.2 <i>Další faktory ovlivňující řídnutí kostí</i>	30
2.4.3 <i>Pohybová aktivita</i>	33
2.4.3.1 <i>Pohybová aktivita a osteoporóza</i>	34
2.4.3.2 <i>Doporučení vztahující se k pohybové aktivitě</i>	37
3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	39
3.1 PRIMÁRNÍ CÍL.....	39
3.1.1 <i>Dílčí cíle</i>	39
3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	40
4 METODIKA PRÁCE	41
4.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR.....	41
4.2 MĚŘENÍ KOSTNÍ DENZITY.....	42
4.2.1 <i>Průběh densitometrického vyšetření</i>	43
4.3 POHYBOVÁ AKTIVITA A MONITORING POHYBOVÉ AKTIVITY.....	46
4.4 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT.....	47
5 VÝSLEDKY	48
5.1 HODNOCENÍ KOSTNÍ TKÁNĚ.....	48
5.2 POHYBOVÁ AKTIVITA.....	54
6 DISKUZE	59
6.1 LIMITY A PŘÍNOSY STUDIE.....	63
7 ZÁVĚR	64

8 SOUHRN.....	65
9 SUMMARY.....	67
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	69

1 Úvod

Osteoporóza je v dnešní době považována za jednu z deseti nezávažnějších nemocnění ovlivňujících celou lidskou rasu, spolu s dalšími neinfekčními hromadnými onemocněními jako jsou kardiovaskulární choroby, hypertenze, diabetes mellitus aj., která jsou současně jejími rizikovými faktory.

U dětí a adolescentů je toto onemocnění vzácné, hlavním nejpodstatnějším faktorem zapříčiňujícím jeho vznik je stárnutí organismu. Průměrný věk populace se neustále zvyšuje, důsledkem je vzestupná tendence výskytu osteoporózy. Nejzávažnější, vzhledem k četnosti výskytu komplikací, je osteoporóza postmenopauzální a senilní pod souhrnným označením involuční. Zrychlený úbytek kostní hmoty po menopauze spolu s menším objemem kostí a delší střední délkou života vysvětluje větší prevalenci zlomenin u žen než u mužů. Zlomeniny, převážně krčku stehenní kosti a páteřních obratlů, které jsou následkem tohoto onemocnění, bývají často jednou z hlavních příčin nárůstu morbidity a mortality. Postižení většinou ztrácejí schopnost soběstačnosti, jsou odkázáni na pomoc druhých, ztrácejí postavení ve společnosti, čímž se velmi výrazně snižuje kvalita jejich života. Důležitou úlohu hraje včasná diagnostika onemocnění a následná komplexní terapie, do níž řadíme dietní opatření, medikamentózní léčbu, ale také tělesnou aktivitu a rehabilitaci. Avšak hlavním nejvýznamnějším krokem je prevence, tzn. vyhýbat se rizikovým faktorům jako např.: kouření, nadměrná konzumace alkoholu, stres, sedavý způsob života a jiné. Velmi důležitou roli hraje pohybová aktivita v dětství a dospívání, její množství v tomto období ontogeneze je rozhodujícím pro kvalitu a funkci kostní tkáně v dospělosti, může být tedy považována za velmi významný faktor prevence osteoporózy. V dospělosti a profesním životě redukuje fyzická aktivita riziko některých nemocí, zvyšuje fyzické i psychické zdraví, minimalizuje konsekvence každodenního stresu a pozitivně ovlivňuje sociální a rodinné vztahy. Také lidé v pokročilém věku prováděním pravidelné pohybové aktivity přispívají ke zlepšení kvality svého života, umožňující udržení vlastní soběstačnosti a nezávislosti.

Považuji tedy za důležité zabývat se, kromě jiných zdravotních problémů, i otázkou kvality kostní tkáně, jelikož osteoporóza představuje jedno z nejvýznamnějších onemocnění s výraznými dopady na zdravotní stav seniorské populace. Zvýšením povědomí o onemocnění samotném a jeho důsledcích lze efektivně předcházet jejímu výskytu a zlepšit tak kvalitu života starších spoluobčanů.

2 Syntéza poznatků

2. 1 Kosterní soustava

2. 1. 1 Kostní tkáň

Kostra člověka je tvořena souborem kostí a kostních spojů. Sestává z 220 kostí a zaujímá přibližně 15 % z jeho celkové tělesné hmotnosti (Bartl & Frish, 2009, 7). Soustava kosterní spolu se soustavou svalovou tvoří celek, poskytuje oporu a umožňuje pohyb (Křivánková & Hradová, 2009, 28).

Dylevský (2009, 45) popisuje pohybový systém člověka jako funkční celek složený ze tří podsystémů:

- *opěrného a nosného (kosti, klouby a vazy)*
- *hybného – efektorového (kosterní svaly)*
- *řídícího – koordinačního (receptory, periferní – centrální nervstvo)*

Na stavbě pohybového systému se nejvíce podílí pojivová tkáň, svalová tkáň a tkáň nervová. Rozlišuje 3 typy pojivových tkání:

- *vazivovou tkáň – vazivo*
- *chrupavčitou tkáň – chrupavku*
- *kostní tkáň – kost*

Kosti nejsou kompletně vyvinuty již při narození, jsou pomalu formovány do chrupavky a pojivových tkání, které jsou konvertovány v tvrdé, lamelární komponenty skeletu. Kost je dynamickým orgánem, vysoce prokrveným a velmi metabolicky aktivním (Bartl & Frish, 2009, 10). Je to bílá, tvrdá pojivová tkáň, specializovaná pro podpůrnou a ochrannou funkci. Tak jako ostatní pojiva, skládá se kost z buněk a z mezibuněčné hmoty. Mezibuněčná hmota kosti obsahuje vedle složky ústrojné též složku neústrojnou (minerální), která dodává kosti tvrdost a pevnost při zachování určité pružnosti (Čihák & Grim, 2001, 32). Za elasticitu je zodpovědný kolagen, zatímco minerály poskytují pevnost a tvrdost.

Pevnost kosti je dána jednak materiálovým složením kosti a jednak její strukturou. Kost musí být pevná a odolná proti deformaci. Musí být rovněž ohebná, aby

byla schopna absorbovat sílu na ní vykonávanou, aniž by se zlomila. Je-li kost křehká, pak síla na ní vykonávaná povede k vytvoření mikrotrhlin a potom ke kompletnímu zlomení (Broulík, 2007, 10). „Na pevnosti kosti se tedy podílí jednak kostní hmota, jednak kvalita kosti – její architektura, mineralizace, organická matrix a stav mikropoškození“ (Kalvach et al., 2004, 626).

Hlavní roli ve faktorech ovlivňujících pevnost kosti má rozměr kosti (zevní průměr a tloušťka kortikální kosti). Nedostatek pohlavních hormonů, věk, nedostatečný příjem proteinů vede ke změnám vlastnosti spongiózní kosti, jako např. snížení počtu trámčů. V důsledku toho se pak mění mechanická odolnost kosti (Broulík, 2007, 13). Bartl a Frisch (2009, 7) připisují kosti 5 hlavních úkolů:

- *Opora a lokomoce jednotlivých segmentů a těla jako celku, od nejmenších (palec na noze) po největší (dolní končetiny a páteř).*
- *Ochrana: lidská kostra chrání vnitřní orgány před škodlivými vnějšími vlivy.*
- *Skladiště minerálů: kostra člověka je největší skladiště minerálů v těle. Celkem 99 % kalcia, 85 % fosfátů a 50 % magnézia je uskladněno v kostech.*
- *Skladiště pro proteiny kostního matrixu: mineralizovaná kostní substance sestává z 50 % z organického materiálu: 25 % tvoří matrix (základní substance) a 25 % voda. Matrix je z 90 % tvořen kolagenem typu I a z 10 % jinými proteiny jako například glykoproteiny, fibronectin a různé proteoglykany. Všechny tyto proteiny jsou vytvářeny a sekretovány osteoblasty a mají různé funkce.*
- *Kost plní také mechanickou funkci: nese vlastní hmotnost těla.*

2. 1. 2 Stavba kosti

Kostní tkáň (*textus osseus*) tvoří buď nepravidelné pletivo, nebo je uspořádána v lamely. Podle toho rozlišujeme – *substantia compacta*, tkáň hutná, plášťová a *substantia spongiosa*, vláknitá, houbovitá kostní trámčina (Přidalová & Riegerová, 2002, 31).

„Kost plná, hutná (kompaktní) je složena z hustě uspořádané kostní tkáně kruhovitě vrstvenými lamelami...“ (Křivánková & Hradová, 2009, 29). Asi 20 lamel koncentricky uspořádaných kolem centrálního Haversova kanálku tvoří osteony – Haversovy systémy (základní stavební a funkční jednotka kompaktní kosti). Středem Haversova kanálku probíhají jedna až dvě cévy doprovázené nervovými vlákny.

Centrální kanálky jsou mezi sebou spojeny příčnými a šikmými Volkmannovými kanálky, takže je dokonale propojen krevní oběh i mezi jednotlivými osteony (Přidalová & Riegerová, 2002, 32). Kompaktní kost formuje tělo dlouhých kostí, jako jsou humerus a femur (Spiriduso, Francis, & MacRae, 2005, 68) a povrchovou vrstvu kostí plochých a krátkých (Křivánková & Hradová, 2009, 29).

Substantia spongiosa je složena z trámců a plotének, které jsou uspořádány podobně jako lamely osteonů (Přidalová & Riegerová, 2002, 32), vrstveny plošně na sebe. Trabekulární kost je méně hustá, nachází se proto v epifýzách dlouhých kostí, kde nedochází k takovému zatížení, nebo tam kde jsou kosti zatěžovány v různých směrech (Spiriduso et. al, 2005, 68). Kost houbovitá vyplňuje vnitřek plochých a krátkých kostí a je hydraulickým systémem kostí (Křivánková & Hradová, 2009, 29).

Kostní dřev (*medulla ossium*) vyplňuje vnitřní dutiny. Je to tkáň měkké konsistence, která slouží především ke krvetvorbě. Rozlišujeme červenou, žlutou nebo šedou kostní dřev. Dřevová dutina se nachází v těle dlouhých kostí. Červená kostní dřev je orgánem krvetvorby. Tvoří ji síť retikulárního vaziva, do které jsou vloženy mateřské buňky pro tvorbu erytrocytů, dále pro tvorbu granulocytů a část lymfocytů. Rovněž zde vznikají krevní destičky. Červená kostní dřev se udržuje ve spongiose kloubních konců dlouhých kostí, ve spongiose krátkých kostí, v žebrech, kostech pánevních, sternu a diploe. Žlutá kostní dřev vzniká z červené, kdy retikulární vazivo dřevě je prostupováno tukovými buňkami (energetická rezerva). Kolem 20 let je žlutá kostní dřev v dřevových dutinách dlouhých kostí, kromě proximálního konce těla humeru a femuru. Šedá kostní dřev vzniká ze žluté, ztrátou tuku v rámci procesu stárnutí (Přidalová & Riegerová, 2002, 32).

Okostice (*periosteum*) je poměrně silná (až 2 mm) a tuhá vazivová blána, která nestejně pevně lne k povrchu kostní kompakty. Kromě míst kde je kost spojena se svalem a mimo kloubní konce kostí kryté chrupavkou. Je to tuhá, pevná, vazivová vrstva nestejně silná. Většinou pevně lne ke kosti pomocí vazivových (kolagenních) Sharpeyových vláken (Přidalová & Riegerová, 2002, 32). Protože se Sharpeyovými vlákny vstupují do kompakty i cévy, představuje periost nejen mechanickou ochranu povrchu kosti a mezičlánků pro úpon svalů, ale je také významným zdrojem cévního zásobení kosti (Dylevský, 2009, 75).

Periost má dvě vrstvy: zevní – fibrózní a vnitřní – kambiovou, obsahující osteoblasty, jejich činností přirůstá kost apozičně do tloušťky. Periost je mechanicky

i biologicky důležitou složku kosti s význačnou kostitvornou, jež se uplatňuje i za regenerace (Přidalová & Riegerová, 2002, 32).

2. 1. 3 Tvar kostí

Kosti rozlišujeme na dlouhé, krátké, ploché, nepravidelné a pneumatické. Dlouhé kosti jsou většinou štíhlé, s rozšířením koncových částí. Mají duté tělo tvořené silným pláštěm kompakty. Kloubní konce jsou na povrchu tvořeny tenčí kompaktní a uvnitř spongiosní kostí, s funkčně uspořádanou trámčinou začínající z kompakty. Nacházejí se na nich různé kostní útvary v podobě hrbolů, hrbolků, výběžků, drsnatin, žlábků, jamek apod. Dutina těla (*cavita medullaris*) obsahuje dřev (*medulla ossium*). Koncové části dlouhých kostí se nazývají epifýzy (na povrchu kloubní plochy), střední část dlouhých kostí jsou diafýzy a mezi nimi, oddělena od epifýzy růstovou chrupavkou, se nachází metafýza. Metafýza má remodelační schopnosti a samostatné cévní zásobení (Přidalová & Riegerová, 2002, 34).

2. 1. 4 Cévní zásobení

Do diafýzy dlouhých kostí vedou tepny (*arteriae nutriciae*), které vyživují kostní dřev, endost, kompaktní a napojují se (bohatě větvené) na cévy v Haversových kanálcích. V každé kosti bývá většinou jedna, vzniká z cévy, které zahájily enchondrální osifikaci. Největší množství cév přichází do kosti z periostu jako periostální cévy. Do konců diafýz vstupují silnější, samostatné cévy, začínající ze sítí na kloubních pouzdrech, vyživují kostní tkáň i kostní dřev (*arteriae metaphysariae*). Epifýzy mají samostatné cévy (*arteriae epiphysariae*), které do nich vstupují většinou v místech úponu kloubních pouzder. Zásobují epifýzy v období růstu a osifikace, pak zanikají (Přidalová & Riegerová, 2002, 36).

2. 1. 5 Inervace

Nervy jsou bohaté v periostu, který je proto velmi citlivý (senzitivní inervace, velké množství receptorů pro bolest a tlak). Nervová vlákna jdou až do Haversových

kanálků a kostní dřeně. Vnitřek kostí a dřev je zásobena hlavně vegetativními vlákny, které vedou informace o metabolické činnosti kosti (Přidalová & Riegerová, 2002, 36).

2. 1. 6 Růst a vývoj kostí

Růst kostí je ovlivňován různými faktory. Je podporován růstovým hormonem a tyroxinem, brzdí jej hormony nadledvin. Parathormon ovlivňuje odbourávání kostí prostřednictvím aktivace osteoklastů. Nedostatek vitamínu D znamená nedostatečnou kalcifikaci skeletu, která může být ovlivněna také pohlavními hormony (Přidalová & Riegerová, 2002, 37).

Většina kostí vzniká z pojivové tkáně – chrupavky. Přeměna pojiva v kost se nazývá kostnatění – osifikace (Křivánková & Hradová, 2009, 30). Osifikační proces zahajují osteoblasty, které se mění v typické kostní buňky – osteocyty (Přidalová & Riegerová, 2002, 35). Nejprve se utvoří malé jádro kostní tkáně – osifikační centrum, ze kterého postupuje osifikace dále (Křivánková & Hradová, 2009, 30).

Vznik kostí byl za fylogeneze dvojitý. První kosti vznikaly v podkožním vazivu jako dermální štíty kryjící tělo. Kostem vznikajícím ve vazivu se proto říká primární, krycí kosti. Mechanismus vzniku primárních kostí se nazývá dezmozogenní osifikace, která se realizuje z kondenzátu mezenchymových buněk po jejich diferenciaci na osteoblasty. Jiné kosti vznikaly za fylogeneze jakou součástí hlubokého skeletu a byly zprvu chrupavčité, chondrogenní osifikací pak byly nahrazeny kostí. Proto se jim říká kosti sekundární, náhradní. Chondrogenní a dezmozogenní kosti se často sdružovaly ve větší kombinované celky. V embryonálním vývoji člověka se zachovaly oba typy osifikace. Přestavba kostí – odbourávání a novotvoření kostí trvá po celý život. Dezmozogenně osifikují především kosti klenby lební, kost klíční, a dolní čelist. Chondrogenně osifikují dlouhé kosti končetin, obratle, žebra, kosti pletenců, kosti báze lební (Přidalová & Riegerová, 2002, 35).

Jak již bylo zmíněno, kost, jakožto živá tkáň, neustále podstupuje proces remodelace, ve kterém se stará kost nahrazuje kostí novou. Kostní remodelace vede k tvoření velikosti a tvaru kosti, kostní remodelace vede pomocí osteoklastů a osteoblastů k rekonstrukci kosti (Broulík, 2007, 11). K remodelaci kosti dochází v diskrétních úsecích nazývaných kostní remodelační jednotky. Probíhá jak v kortikální, tak i v trabekulární (trámčité) kosti. Celý remodelační cyklus trvá kolem 4 měsíců

(Kalvach et al., 2004, 627). Každých 10 let se tímto remodelačním procesem nahradí celá lidská kostra. V dětství je stará kost resorbována, a jelikož rychlost tvorby nové kosti je vyšší, celkové nárůsty objemu kostní hmoty jsou během puberty od 40 % do 70 % z celkového objemu kostní hmoty. U obou pohlaví je zvyšování objemu kostí ukončeno při dosažení vrcholu objemu kosti, tzv. *peak bone mass*, okolo věku 30 let (Spirduso et al., 2005, 68). Fáze novotvorby kosti je zpomalena u starých osob s osteoporózou (Kalvach et al., 2004, 627). Ve stáří a při některých chorobách a vlivem mnoha dalších faktorů může docházet k úbytku kostních minerálů, poklesu hustoty kostní tkáně a následkem toho k zvýšené fragilitě kostí. V tomto případě dochází k převažujícímu odbourávání kostí nad tvorbou nové kosti. Tomuto onemocnění se přezdívá osteoporóza. „Nejvíce bývají postiženy obratle, pánevní kost, proximální konce stehenní kosti, žebra a klíční kost“ (Přidalová & Riegerová, 2002, 37). Tímto onemocněním většinou trpí starší lidé, převážně ženy po menopauze, u nichž nastává pokles ovariálních hormonů, jehož následkem se snižuje osteoblastická aktivita.

Kostní remodelace je tedy proces přestavby kostí (především dětských), na kterém se podílejí osteoblasty, osteoklasty, osteocyty, žírné buňky, bílé krvinky a další fagocytující buňky (Přidalová & Riegerová, 2002, 35). Prvotní buňky, jejichž činností vzniká kost, se nazývají osteoblasty. Osteoblasty jsou v kosti přítomny především tam, kde dochází k novotvorbě, případně přestavbě kostí, to znamená, že v dospělém věku nejsou osteoblasty v kosti rozloženy rovnoměrně a mezi 20. – 45. rokem „obsazují“ pouze 2–8 % kostní tkáně. Osteoblasty produkují kolagenní vlákna, amorfni mezibuněčnou hmotu a produkcí enzymů (alkalické fosfatázy) se osteoblasty podílejí také na mineralizaci kostní tkáně (Dylevský, 2009, 58). Kost se tedy skládá z matrixu (materiál vytvořený osteoblasty) vytvářející vrstvy kolagenových molekul, mezi kterými jsou uskladněny krystaly kalcia a fosfátu. Tato postupná pasivní mineralizace zvyšuje denzitu během stárnutí kosti. Nový matrix začíná mineralizaci po 5–10 dnech do počátku uskladnění minerálů, tzv. primární mineralizace. Pro dovršení remodelačního cyklu, začíná fáze tzv. sekundární mineralizace. Tento proces sestává z pozvolného zrání minerálních komponent, zahrnující zvýšení množství krystalů a/nebo zvětšení velikosti krystalů na maximum. Tato sekundární mineralizace progresivně zvyšuje obsah minerálů v kostním matrixu (Bartl & Frisch, 2009, 8).

V průběhu vývoje kosti se osteoblasty obklopují základní hmotou a mění se na osteocyty. Jak můžeme pozorovat v tabulce 1, jsou „...osteocyty nejčetnější a mají

nejdelší životnost“ (Blahoš, 2011). „Osteocyty jsou nejpočetnější a nejdéle žijící buňky v kosti. Jsou velice pravděpodobně mechanoreceptory signalizující nutnost reparace na nejvíce namáhavých místech kosti“ (Broulík, 2007, 11).

Osteocyty již neprodukují mezibuněčnou hmotu, ale aktivně se podílejí na uvolňování minerálií ze základní hmoty a tím se účastní regulace hladiny vápníku v tělních tekutinách (Přidalová & Riegerová, 2002, 31). Je nesporné, že povrch osteoblastů (osteocytů) je v kontaktu s tekutinou (s proteoglykany) cirkulující ve štěrbinách lakun a kanálků, do kterých osteoblasty vysílají své výběžky. Podle realizovaných měření se tlak této tekutiny mění v závislosti na zatížení kosti, a tyto změny zjevně mají vliv i na metabolickou aktivitu kostních buněk produkujících mezibuněčnou kostní hmotu. Vzhledem k tomu, že každá pohybová aktivita vede ke změnám zatížení kostí, je možné že prostřednictvím tlaku v lakunách a kanálkách je regulována kostní přestavba, remodelace kosti apod. (Dylevský, 2009, 74). Porušená funkce osteocytů ovlivňuje zásadním způsobem minerální i organickou homeostázu kosti. Rušivými vlivy jsou především oxidační stres s jeho metabolickými důsledky aj. (Blahoš, 2011). „Ztráta estrogenů, kortikoidní léčba a pokročilý věk vedou k apoptóze osteocytů“ (Broulík, 2007, 11).

Kromě osteoblastů a osteocytů se dále, na metabolismu kostní tkáně, podílejí tzv. osteoklasty. Osteoklasty jsou obrovské buňky s množstvím jader. Jsou přítomny tam, kde dochází k přestavbě kosti, která je vždy provázena resorpcí kostní hmoty. Osteoklasty produkují kyselou fosfatázu a kolagenózu (Dylevský, 2009, 58). Alkalická kostní fosfatáza (BAP) se tedy účastní kostní mineralizace, asi 50 % tohoto enzymu pochází z kosti, zatímco zbytek může být produkován i v jiných orgánech jako játrech, střevech, slezině, ledvinách i placentě. Protože je pokládán za vysoce specifický, je jeho koncentrace často používána jako marker osteoblastické aktivity (Máček & Máčková, 2011). Pomocí těchto enzymů osteoklasty uvolňují kostní minerály a rozrušují strukturu základní hmoty. Přítomnost „bouracích“ buněk je nezbytná pro přestavbu kosti. Osteoklasty vlastně uvolňují prostor pro novotvořenou kost a napomáhají tak její remodelaci. Funkce osteoblastů, osteocytů i osteoklastů je pro fyziologii orgánů, jakým je kost, zcela zásadní (Dylevský, 2009, 58).

Tabulka 1. Délka přežívání kostních buněk

Osteoklasty	1–25 dnů
Osteoblasty	1–200 dnů
Osteocyty	1–50 let

Zdroj: Blahoš (2011)

Modelace a remodelace během růstu vede k vytvoření vrcholu pevnosti kosti. V dospělosti jde pak o udržení této pevnosti (Broulík, 2007, 11). Vývoj kostí („modelace“) končí koncem puberty s osifikací růstových jader. Modelace je zajímavá tím, že kost je více schopna reagovat na vnější zatížení během růstu než kdy jindy. 90 % dospělých kostí je formováno na konci adolescence a následný přírůstek během dospělosti je velmi malý (Bartl & Frisch, 2009, 10). Během přibývajících let ztrácí kost ze své síly a elasticity a proto může dojít velmi snadno k její zlomenině. To nastává kvůli ztrátám minerálů a změně kostního matrixu. Kosti podstupují neustálý proces odstraňování a nahrazování, kostní komponenty jsou tak vyměňovány v pravidelných intervalech. Remodelační proces slouží tedy k těmto účelům (Bartl & Frisch, 2009, 12):

- *mobilizace kalcia v rámci kalciové homeostázy;*
- *nahrazení staré kostní hmoty;*
- *celková skeletální a lokální adaptace na odlišné zatížení, hmotnostní zatížení;*
- *opravení poničených kostí.*

2. 1. 7 Kostní věk

Na základě osifikace různých oblastí skeletu je určován biologický kostní věk. Osifikace, která se děje z osifikačních center, probíhá relativně v přesných časových intervalech vývoje dítěte. Posuzována je velikost osifikačních jader a uzavřenost epifyzárních štěrbin. Podkladem pro hodnocení je rentgenogram pravé či levé ruky, včetně distálních epifýz antebrachia. Hodnotíme tvar a velikost osifikačních center kostí ruky a předloktí a jejich vztah k sousedním kostním strukturám (osifikace metakarpálních, karpálních kostí, phalangů, distálních epifýz radia a ulny). Osifikace těchto struktur začíná po narození ve 2. měsíci a končí asi v 18. roce života. Kostní věk se srovnává s věkem kalendářním a diference vypovídá o nepřiměřenosti vývoje skeletu (Přidalová & Riegerová, 2002, 36).

2. 2 Patogeneze osteoporózy

Osteoporóza z hlediska mortality i finančních nákladů a zejména těžkého lidského utrpení patří k závažným onemocněním (Kalvach et al., 2004, 627).

Jako osteoporózu, můžeme označit stav, kdy celková kostní hmota je zmenšena tak, že kostra není schopna vyhovět požadavkům kladeným na ní při obvyklém zatížení v životě (Kocián & Patlejchová, 1998, 12). „Z funkčního hlediska můžeme definovat osteoporózu jako stav, kdy celková kostní masa neodpovídá celkové mase těla“ (Trnavský & Kolařík, 1997, 245).

Osteoporóza je často nazývána tichou epidemií, protože zpravidla probíhá v počátku bezpříznakově a projevem je až náhlý vznik komplikací včetně zlomenin (Hrčková & Šarapatková, 2004). „Její riziko tak nespočívá pouze v úbytku kostní hmoty spojené s poruchou mikroarchitektoniky kosti, ale zejména v tom, že tento stav je spojen se zvýšenou náchylností k frakturám „bez násilí.“ Na osteoporózu proto není možné nahlížet pouze jako na řídnutí kostí, ale jako na nemoc, která ohrožuje organismus jako celek (Krátká, 2007).

Osteoporóza je důsledkem nerovnováhy kostní přestavby ve smyslu převažující resorpce nad novotvorbou. Důsledkem je pokles obsahu kostního minerálu i narušení organické kostní matrice. Dochází k úbytku kostní hmoty a ztrátě její kvality především v trabekulární kosti. Ztenčení až přerušení kostních trámčů vede ke ztrátě mechanické pevnosti kosti a ke zvýšenému riziku zlomenin (Palička et al. 2011, 3).

Podle Světové zdravotnické organizace (World Health Organization, 2003) je osteoporóza definována jako: „Nemoc, která je charakterizovaná úbytkem kostní hmoty a zhoršením mikroarchitektoniky kostní tkáně vedoucí ke zvýšení fragility a následným zvýšením rizika zlomeniny“. „Nejvíce bývají postiženy obratle, pánevní kost, proximální konce stehenní kosti, žebra a klíční kost“ (Přidalová & Riegerová, 2002, 37).

Důležité je tedy udržet množství a kvalitu kostní hmoty po celý život. Hlavní kvantitativní a kvalitativní změny kostní hmoty totiž nastávají během růstu a zrání, poté se kost stává křehkou (Spirduso, et al., 2005, 67).

„Příčin vzniku osteoporózy je řada – hovoříme tedy o multifaktoriálním onemocnění“ (Trnavský & Kolařík, 1997, 245). Palička, Blahoš a Býma (2011) považují za predispoziční fyziologické faktory pro vznik a rozvoj osteoporózy:

- věk nad 65 let;

- *hypogonadismus, tedy u žen zvláště období po menopauze;*
- *pozdní menarche;*
- *nulliparita;*
- *etnický původ (běloši).*

Silné rizikové faktory pro vznik a vývoj osteoporózy jsou:

- *zlomeniny a jasné projevy osteoporózy v rodinné anamnéze;*
- *zlomeniny po nepřiměřeně malém úrazu v osobní anamnéze;*
- *hypogonadismus jakéhokoliv původu;*
- *nízká tělesná hmotnost, BMI < 19 (kg/m²);*
- *rizikové choroby a stavy (imobilizující choroby, laktázová nedostatečnost, zánětlivá střevní onemocnění, celiakie s malabsorpcí, mentální anorexie, Cushingův syndrom, tyreotoxikóza, onemocnění jater a ledvin jakož i stavy po transplantacích těchto (i jiných) orgánů, hyperkalciurie, osteogenesis imperfecta;*
- *déle trvající léčba kortikoidy, antiepileptiky, nethiazidovými diuretiky, antikolagancii, hormonálními antagonisty (sexuálními).*

Faktory životního stylu podporující vznik a vývoj osteoporózy:

- *sedavý způsob života;*
- *malá tělesná zátěž;*
- *chronický nikotinismus;*
- *nadměrná dlouhodobá konzumace alkoholu;*
- *stresový způsob života.*

Poznatky získané při sledování dvojčat ukazují, že za osteoporózu a variabilitu jejích projevů jsou z 70–80 % odpovědné genetické faktory. Za mineralizaci kostní hmoty v různých místech kostry odpovídá přibližně 60 genů (Kalvach et al., 2004, 97).

Mezi rizikové faktory nemocným ovlivnitelné patří především zdravý způsob života do 25 let, do doby kdy se tvoří maximum kostní hmoty. Zdravý způsob života znamená dostatek zdrojů pro tvorbu kostní tkáně, pohybovou aktivitu a vystříhání se rizikových faktorů, jako je např. nikotin (Broulík, 2007, 16). Negativní účinek na látkovou výměnu kostí má kouření, zejména u žen. Nikotin totiž snižuje hladinu ženských pohlavních hormonů v krvi, menopauza přichází dříve a ztráty kostní hmoty se

zvyšují. Negativní vliv na kosti má rovněž nadměrné požívání alkoholu, který snižuje jejich novotvorbu, stejně jako chronický stres. Osteoporózou ohrožený člověk by neměl vypít za den víc než dva šálky kávy, neboť i kofein ovlivňuje negativně látkovou výměnu kostí (Stejskal, 21, 2004). „Nadměrné pití kávy zvýší vylučování vápníku do moče.“ (Kocián & Patlejchová, 1998, 15).

Rozhodujícím faktorem pro vznik osteoporózy je nedostatek pohybu, neboť pohyb zatěžuje kost a napomáhá tvorbě kostní hmoty. Proto lidé, kteří v mládí intenzivně sportovali, mají vytvořeno více kostní hmoty a osteoporóza jim hrozí v menší míře než lidem s celoživotním nedostatkem pohybu (Stejskal, 2004, 21).

Je potřeba zdůraznit, že osteoporóza je velmi často sekundárním projevem jiných závažných onemocnění a že sekundární osteoporóza je pravděpodobně ještě častější než osteoporóza primární (Palička, Blahoš, & Býma, 2011, 3).

2. 2. 1 Etiologie osteoporózy

Kalvach et al. (2004) uvádí etiologii osteoporózy, v níž se rozeznává:

- *Osteoporóza sekundární*, kde příčinou je většinou endokrinní onemocnění jako hyperkortikalismus, hypertyreóza, hyperparatyreóza a ztráta sexagenu v období fertlím; dále sem můžeme zařadit osteoporózu u chronických onemocnění jater, ledvin, diabetes mellitus (zvláště 1. typu), u malnutrice a maldigesce; iatrogeně vyvolaná osteoporóza je především osteoporóza způsobená podáváním kortikoidů, a to jak perorálních, tak inhalačních.
- *Osteoporóza primární*, k níž se řadí idiopatická osteoporóza a involuční osteoporóza, jež se dále dělí na postmenopauzální a senilní.

Idiopatická juvenilní osteoporóza: jedná se o vzácné omezující onemocnění u prepubertálních dětí, obvykle nastává mezi 8 a 14 lety života. Většinou se projeví jako kompresní fraktury obratlů doprovázené krutou bolestí zad. Idiopatická osteoporóza u mladých dospělých primárně postihuje muže mezi 30 a 50 lety a je také charakteristická frakturami obratlových těl. Biomechanické parametry a nálezy z biopsie kostí ukazují zvýšenou resorpci kosti. Často jsou pacienti těžcí kuřáci, kouření je proto považováno za faktor přispívající k tomuto onemocnění (Bartl & Frish, 2009, 40).

„V rámci primární osteoporózy je nejčastěji sledována osteoporóza postmenopauzální, která je spojena s rozvojem estrogenového deficitu a postihuje především spongiózní kost“ (Janíček, Dufek, Chaloupka, Krbec, Novotný, Poul, & et al., 2007). V menopauze je tedy kostní remodelace porušena. Dochází ke zvýšení počtu remodelačních míst a ke zrychlené ztrátě kostní hmoty (Kalvach et al., 2004). Celková kostní masa vrcholí mezi 30. – 50. rokem věku a následně klesá. Tento pokles se značně zrychluje u žen po menopauze, ať už fyziologické nebo artificiální, zejména v prvních postmenopauzálních letech, později se úbytek kostní hmoty zpomaluje (Trnavský & Kolařík, 1997, 245). Zdá se že postmenopauzální forma osteoporózy postihuje pouze ženy, ale i u mužů dochází ke zvýšené resorpci kosti důsledkem nedostatku testosteronu, ačkoliv v pozdější životní etapě, od 50 až 60 let dále (Bartl & Frish, 2009, 40). U mužů je výpadek tvorby pohlavních hormonů v dopadu na kostní tkáň méně intenzivní, proto i osteoporóza je u mužů méně vyjádřena než u žen (Trnavský & Kolařík, 1997, 245).

Muži mají, v každém věku, větší a robustnější kosti než ženy. Ve 30 letech mají muži o 10 % vyšší množství kostní hmoty než ženy a tyto pohlavní rozdíly stoupají s věkem, takže muži mají o 20 % vyšší množství kostní hmoty, než ženy po menopauze. Lze tedy konstatovat, že architektura kosti ženy má po 50. roce života (menopauza), vyšší tendenci ke změně, než mužská (Spirduso, et al., 2005, 70).

Vlivem úbytku kostní hmoty v tomto období hrozí větší riziko vzniku fraktur, než kdy jindy. Frakturami jsou postiženy především těla obratlů, distální radius (Trnavský & Kolařík, 1997, 245), pánevní kost, proximální konce stehenní kosti, žebra a klíční kost (Přidalová & Riegerová, 2002, 37). Postmenopauzální osteoporóza tvoří přibližně 80 % všech osteoporóz a vyskytuje se mezi 50–70 lety (Janíček & et al., 2007) a je 6krát častější u žen než u mužů (Němcová & Korsa, 2008, 165).

U senilní osteoporózy dochází k zlomeninám v oblasti stehenní kosti a vyvolávajícím faktorem je stárnutí – tento typ osteoporózy nastupuje nad 70. rokem věku (Trnavský & Kolařík, 1997, 246) a je 2krát častější u žen (Němcová & Korsa, 2008, 165). K senilní osteoporóze navíc přispívá i snížená kostní formace. Estrogeny zvyšují produkci IGF-I a transformujícího faktoru β a zvyšují syntézu prokolagenu v oseblastech. Staré ženy s nedostatkem estrogenu pak postrádají všechny tyto důležité faktory pro tvorbu kosti, a tak kvystupňované osteoresorpci přistupuje i snížená

osteopozice nové kosti (Marcus 1996 in Kalvach et al., 2004, 628). „Souběžně je postižena kost trabekulární i kortikální“ (Trnavský & Kolařík, 1997, 246).

V patogenezi involuční osteoporózy je základním faktorem deficit vitamínu D při nedostatečném příjmu kalciferolu, jeho zpomalené hydroxylaci a při rezistenci cílových tkání na kalcitriol. Senioři obtížně získávají především vitamín D. I při slunění má jejich enzymatický aparát velice sníženou aktivitu ve srovnání s mladými jedinci. Kalcium a vitamín D redukuje kostní ztrátu v krčku kosti stehenní, ale i v obratlových tělech a redukuje i výskyt nevertebrálních zlomenin u starých lidí nad 65 roků žijících v ošetrovatelských a sociálních zařízeních (Kalvach et al., 2004, 628).

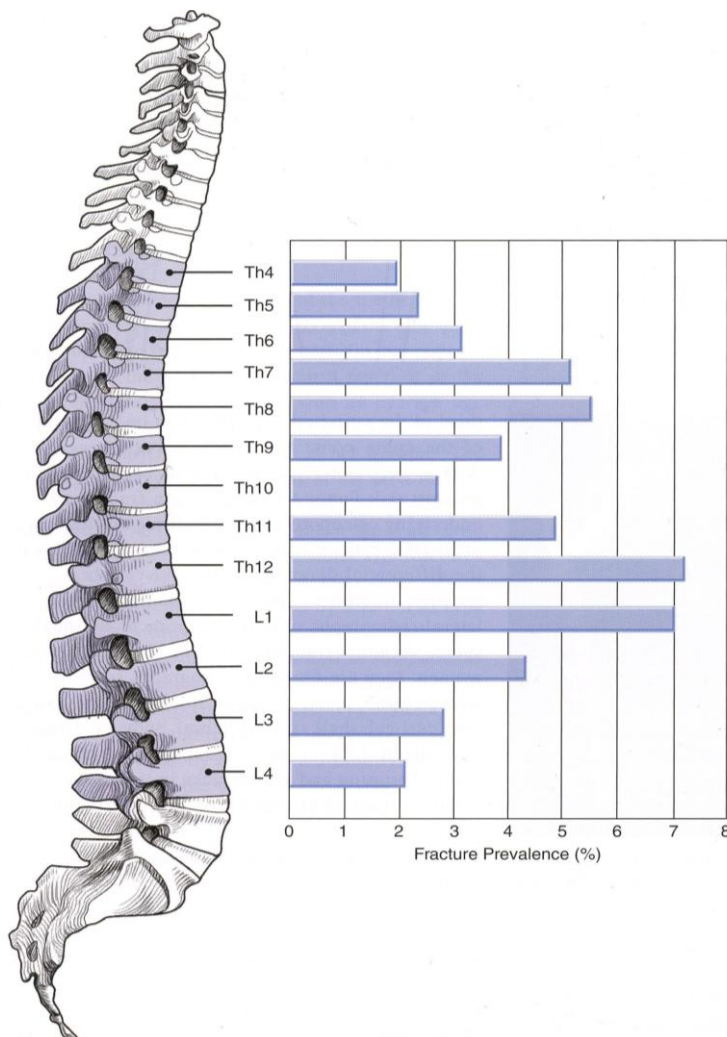
Naši staří spoluobčané jsou ve stadiu deficiencie nebo „insuficience“, která je definována zvýšenými hladinami parathormonu (PTH). Stoupající věk poškozuje resorpci kalcia a zvláště poškozuje schopnost střeva zvýšit resorpci kalcia při jeho nízkém příjmu. Stoupající věk rovněž snižuje schopnost ledvin reabsorbovat kalcium. Obě tyto abnormality vedou k mrhání kalcie. Sekrece parathormonu pak udržuje normální hladinu ionizovaného kalcia pomocí resorpce kostí, které obsahují 99 % zásob kalcia v těle (Kalvach et al., 2004, 628). Organismus proto nahrazuje chybějící vápník z odbourané kosti. Tělo tedy obětuje své kosti, lépe řečeno jejich materiál, v zájmu udržení pro život nezbytné hladiny vápníku v krvi. Pokles vápníku v krvi a ostatních tělních tekutinách a tkáních, který by nutně nastal při jeho nedostatečném příjmu potravou nebo při jeho zvýšeném vylučování z těla, by se projevil v poruše funkce mnoha systému a v nejtěžší formě by vedl až k zástavě života (Kocián & Patlejchová, 1998, 14).

Před menopauzou jsou mechanismy regulující kalciovou homeostázu vysoce výkonné. Hladina sérového parathormonu se začíná zvyšovat 10–15 roků po menopauze, tedy v době, kdy rychlá ztráta kosti již pominula. Ve srovnání s mladými ženami bylo zjištěno, že starší ženy mají větší bazální sekreci parathormonu, špatně potlačitelnou kalcie. Po 18 měsících podávání kalcia a vitamínu D dochází ke snížení koncentrace PTH o 44 % (Kalvach et al., 2004, 628). Mnohé studie ukazují, že vysoký příjem kalcia snižuje postmenopauzální ztrátu kostní hmoty a riziko fraktur i u lidí, kteří již frakturu prodělali (Bartl & Frish, 2009, 111).

2. 2. 2 Klinické projevy osteoporózy

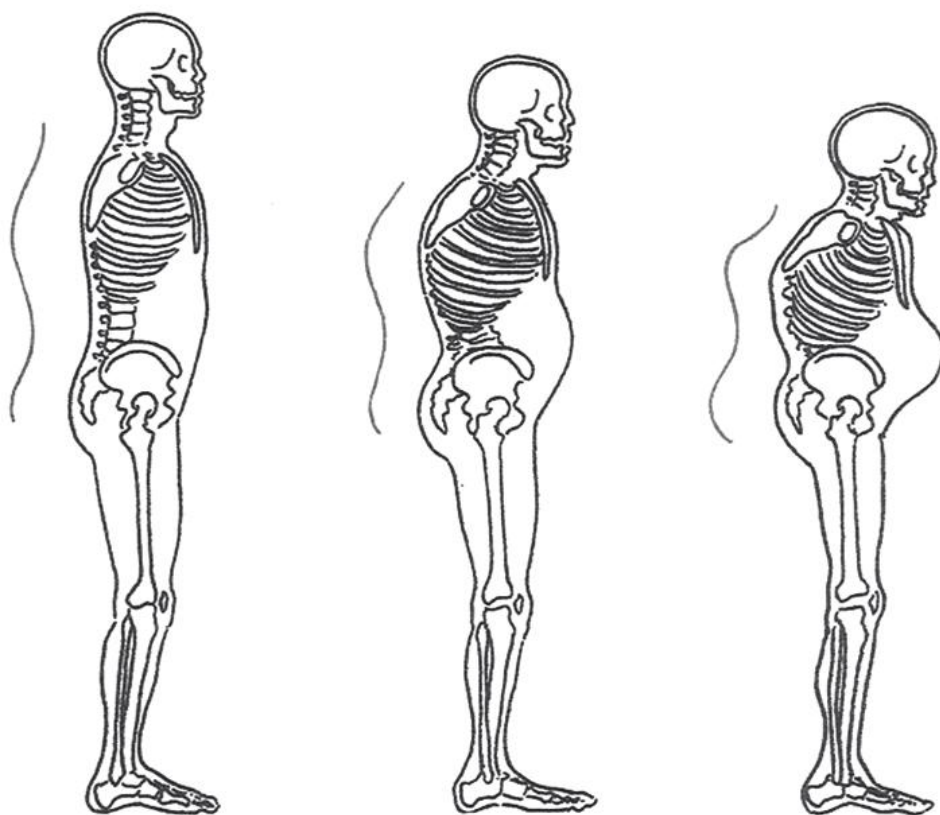
„Nejčastějším subjektivním steskem pacientů s osteoporózou bývají bolesti v zádech“ (Němcová & Korsa, 2008). Při této chorobě, která může dlouhou dobu probíhat skrytě, je mnohdy vůbec prvním příznakem až krutá bolest v páteři vzniklá náhle po prudším pohybu, dále zmenšení tělesné výšky jako známky zhroucení obratlového těla, kdy prořídlá trámčina a ztenčená stěna obratle neodolá tlaku ostatních tkání ve vzpřímeném postoji těla (Palička et al., 2011, 3).

U starších nemocných pak často vidíme poruchu statiky a dynamiky páteře způsobené výrazným zpohodlněním ve stáří, ochablostí svaloviny a špatným držením těla. To jsou rovněž příčiny, které dále mechanicky zvýrazňují rozvoj osteoporózy páteře ve stáří (Cummings in Kalvach et al., 2004, 628).



Obrázek 1. Prevalence fraktury hrudních a bederních obratlů
Zdroj: Bartl & Frish (2009)

„V důsledku mikrofraktur a kompresí obratlových těl dochází k vystupňování hrudní kyfózy, předsunutí hlavy, zvýraznění krční i bederní lordózy“ (Němcová & Korsa, 2008). Postava nemocného tím vytváří siluetu charakteristickou pro osteoporózu axiálního skeletu“ (Kalvach et al., 2004, 629). „Příčinou bolestí jsou zejména reflexní spazmy paravertebrálních svalů a jejich ischemizace, spolu se zvýšeným napětím interspinálních ligamentů“ (Němcová & Korsa, 2008). Deformity a fraktury obratlů se projeví akutní bolestí po náhlém předklonu, zdvihání břemene nebo kašli, někdy je vznik fraktur v oblasti páteře bezpříznakový (Trnavský & Kolařík, 1997, 246). Mezi příznaky zlomenin těl obratlových patří i ... komprese břišních orgánů s abdominálními potížemi, imobilita a konečně zvýšená mortalita. Nejčastějším místem zlomenin těl obratlových je Th₇, Th₈, Th₁₂ a L₁ (viz obrázek 1) (Kalvach et al., 2004, 629). Postupně během měsíců a roků (rychleji tehdy, když vznikají mnohočetné změny těl obratlů) se prohlubuje hrudní kyfóza a pozvolna snižuje výška. Někdy je zhodnocení změn tělesné výšky pro diagnostiku osteoporózy velmi přínosné, a to zvláště tehdy, je-li osteoporóza asymptotická (Trnavský & Kolařík, 1997, 246).



Obrázek 2. Osteoporotické změny páteře, zmenšení tělesné výšky a držení těla
Zdroj: Němcová & Korsa (2008)

Za důležité sekundární komplikace zlomenin považujeme bolest, deformity, imobilizaci, inaktivitu, depresi, úzkost a změnu životního stylu (Kalvach et al., 2004, 629).

Jinak se osteoporóza projevuje celkem nevelkými bolestmi v různých kostech, někdy se i tělesná výška snižuje bez bolesti. „Typickými osteoporotickými zlomeninami jsou, již zmíněné kompresivní zlomeniny obratlů, zlomeniny distálního předloktí (Collesova fraktura) a zlomenina proximální části stehenní kosti, která je klinicky nejzávažnější“ (Palička et al., 2011, 3). Zlomenina krčku stehenní kosti je nejzávažnější ze všech osteoporotických zlomenin, se stárnutím dochází k exponenciálnímu zvýšení jejího výskytu. Jednou z příčin je větší riziko pádů u starých lidí, druhou je na věku závislé snižování mechanické odolnosti kosti u obou pohlaví, ale výraznější u žen než u mužů (Kalvach et al., 2004, 627).

Fraktury předloktí – bývají to zlomeniny distální části radia nejčastěji Collesova typu, tj. dorsální dislokací distálního fragmentu. Fraktury v proximální oblasti femuru bývají pertrochanterické, nebo jsou to zlomeniny krčku (Trnavský & Kolařík, 1997, 247). Riziko zlomeniny kyčle zvyšuje nízký příjem kalcia o 50 %, nízká fyzická aktivita o 40 %, hubenost o 100 %, prodělaná zlomenina obratle o 320 %, zlomenina u matky o 50 % a kouření o 30 % (Kalvach et al., 2004, 267). V České republice je každoročně hospitalizováno se zlomeninou proximální části téměř 19 000 nemocných a mortalita během prvního roku po fraktuře dosahuje až 20%.

Výrazný úbytek kostní tkáně, který je spojován s osteopenií a osteoporózou, představuje pro jedince ve vyšším věku závažný zdravotní problém. Odhaduje se, že v České republice trpí osteoporózou až 33 % žen starších 50 let a 39 % žen starších 70 let (Štěpán, Havelka, & Kamberská, 2002). Podle statistických údajů trpí osteoporózou 7–8 % obyvatelstva České republiky (Palička et al., 2011, 3).

2. 3 Diagnostika osteoporózy

Podle Paličky et al. (2011) jsou základními kroky diagnostického procesu klinické vyšetření, využití zobrazovacích technik a laboratorní vyšetření:

- *klinické vyšetření: přítomnost rizikových faktorů;*
- *objektivně snížená výška (proti údajům z dřívějšího je nezbytné měřit tělesnou výšku i při kontrolách);*

- *deformity páteře (kyfóza);*
- *zobrazení a morfometrické metody;*
- *rentgen hrudní a lumbální páteře v AP (apozici) a boční projekci;*
- *osteodenzitometrie jako základní vyšetření zjišťující množství (hustotu) kostního minerálu vztažené na plochu měřené oblasti (Bone Mineral Density).*

Včasná diagnóza osteoporózy, dříve než dojde k frakturám, je možná pouze prostřednictvím měření kostní denzity (bone mineral density; BMD). Přístroje na její měření se nazývají denzitometry, z toho odvozen název metody: denzitometrie. Denzitometrie poskytuje nejpřesnější informace o hustotě kosti. Principem této metody je měření úbytku rtg záření o dvou různých energetických hladinách při průchodu měřenou oblastí. Jedná se o velmi šetrnou rentgenovou metodu, kdy velikost záření je pouhých 2–12 mikrosievert, tudíž nepoškozují zdraví jedince. Matematickým zpracováním získaných dat je stanovena hustota kostního minerálu v měřené oblasti (obvykle bederní páteř a proximální femur) (Němcová & Korsa, 2008, 165).

Rozlišujeme tedy obsah kostních minerálů (bone mineral content, BMC), který je měřen v gramech (g), a kostní hustotu (BMD) v g/cm², která nám poskytuje následující informace (Frish & Bartl, 2009, 63):

- *detekuje osteopenii a /nebo osteoporózu dříve, než dojde k fraktuře;*
- *predikuje pozdější riziko osteoporózy;*
- *indikuje rychlost ztráty kostní hmoty – progresi – v postupných měřeních;*
- *dokumentuje úspěšnost či neúspěch měření.*

Při hodnocení stavu kostní tkáně je třeba přihlídnout k biologické interindividuální a intraindividuální variabilitě, které mohou, v rozsahu 70 %, ovlivnit kolísání hodnot kostní hustoty sledovaného jedince. Ovlivnění může být způsobeno složením výživy, zvláště příjmem vápníku a hlavně rozsahem pohybové aktivity. Objevují se rozdíly mezi muži a ženami a u nich mezi pre- a postmenopauzálním věkem (Máček & Máčková, 2011).

Měření kostní hustoty, v nejrůznějších místech skeletu, poskytuje onu možnost predikovat pozdější nebezpečí fraktury. Pokud dojde k fraktuře, tento test potvrzuje diagnózu osteoporózy a stanoví stupeň její vážnosti (Frish & Bartl, 2009, 63). „Uvádí se,

že vztah mezi sníženou kostní masou a vznikem fraktur je podobný jako vztah mezi hypertenzí a mozkovou cévní příhodou“ (Trnavský & Kolařík, 1997, 248).

Standardem vyšetření BMD je duální rentgenová absorpciometrie (tzv. celotělový denzitometr = DXA). Metoda vyhodnocuje stupeň zastínění enegetického paprsku procházejícího předloktím, tělem obratlovým nebo proximální částí kosti stehenní. Jako zdroj záření mají moderní přístroje rtg lampu, z jejíhož spektra se izolují dva paprsky vhodné energie (Kasalický, 2002 in Kalvach et al., 2004, 630).

Zeslabení rtg záření po průchodu kostí je úměrné obsahu minerálu ve tkáni. Výhodou proti jiným metodám je nízká radiační zátěž, vysoká reprodukovatelnost a rychlost vyšetření (Štěpán, 2005, 230). Při současné přesnosti měření u přístrojů typu DXA je možno signifikantní změnu obsahu kostního minerálu detekovat obvykle nejdříve v ročních odstupech (Palička et al., 2011, 4).

Výsledky osteodenzitometrického vyšetření se vyjadřují jako T-skóre, tedy počet směrodatných odchylek od průměru BMD u mladých, zdravých osob téhož pohlaví, rasy, výšky a váhy nebo jako Z-skóre určuje počet směrodatných odchylek od průměru BMD u stejně starých osob téhož pohlaví, rasy, výšky a váhy (Krátká, 2007; Štěpán, 2005; Němcová & Korsá, 2008; Bartl & Frish, 2009). Diagnostický závěr je založen na srovnání změřené kostní denzity s maximálním obsahem kostního minerálu u mladých zdravých žen. Zdravé osoby mají T-skóre vyšší než -1 (optimálně nulové). Hodnoty T-skóre v pásmu od $-1,0$ do $-2,5$ jsou označovány jako osteopenie, hodnoty nižší jak $-2,5$ jako osteoporóza. U dětí a mladistvých a u osob starších 70 let je vhodnějším diagnostickým kritériem hodnota Z-skóre, která udává počet standardních odchylek od průměrné hodnoty osob stejného věku a pohlaví. Hodnota T-skóre (resp. Z-skóre ve vybraných věkových skupinách) je základním diagnostickým kritériem, nevypovídá však o dynamice procesu (Palička et al., 2011; Bartl & Frish, 2009; Němcová & Korsá, 2008; Krátká, 2007; Štěpán, 2005).

Dalšími diagnostickými metodami jsou kvantitativní výpočetní tomografie (QCT), která umožňuje měřit volumetrickou denzitu minerálu a odlišit BMD kortikální a trámčité kostní hmoty, její nevýhodou je vyšší radiační zátěž a nižší reprodukovatelnost oproti DXA. Kvantitativní ultrasonometrie (QUS) vypovídá nejenom o BMD, ale také o kvalitě a struktuře kosti a tato informace je komplementární k výpovědi DXA o riziku zlomenin (Štěpán, 2005, 230).

Dříve používané techniky jako ultrazvuk, počítačová tomografie, jednoenergiová kostní absorpciometrie, periferní dvouenergiová kostní absorpciometrie a další jsou v současnosti téměř opuštěny. Blíží se naopak využívání speciálních zobrazovacích technik typu, již zmíněné periferní kvantitativní počítačová tomografie s vysokým rozlišením (HRpQCT) a technik magnetické rezonance, které umožní bližší zkoumání mikrostruktury a mikroarchitektury kostní tkáně (Palička et al., 2011, 4).

Interpretaci výsledků denzitometrie komplikují osteomalacie, osteoartróza (zejména páteře), těžká skolióza, cévní kalcifikace, kontrastní látky, dřívější zlomeniny, malá postava, deformity obratlů i nesprávné referenční data. Zvláště se stáří nemocných se zvyšuje počet nehodnotitelných nebo problematicky hodnotitelných denzitometrických vyšetření obratlových těl lumbální páteře pro degenerativní změny či paraaortální kalcifikace (Kalvach et al., 2004, 630).

Denzitometrické vyšetření je indikováno: u žen s deficitem estrogenů (artificiálním nebo přirozeným), aby se rozhodlo o případné hormonální terapii, dále u nemocných se změnami obratlů a jinými známkami osteoporózy při rentgenologickém vyšetření. Podobně jsou indikováni k vyšetření nemocní na dlouhodobé léčbě kortikoidy a s asymptomatickým primárním hyperparatyroidismem (Trnavský & Kolařík, 1997, 248).

2. 4 Prevence osteoporózy

Je důležité, abychom podnikli specifické kroky k prevenci ztráty a udržení strukturální a funkční integrity kostí. Tato doporučení jsou určena převážně lidem, kteří ještě netrpí osteoporózou. Uvedená intervence do životního stylu může výrazně snížit riziko vývoje tohoto onemocnění.

V závislosti na změně složení těla, tělesné aktivitě dané funkční schopností organismu i množství a složení potravy se mění ve stáří energetická potřeba. Souběžně se snížením energetické potřeby dochází ve stáří ve většině případů i ke snížení energetického příjmu, to však má za následek mnohdy i snížení přívodu biologicky hodnotných proteinů a některých mikronutrientů, především vitaminů a stopových prvků (Kalvach et al., 2004, 300).

Nejdůležitější tedy je zdravý způsob života obsahující stravu bohatou na množství kalcia a vitamínu D. Kalcium je nejdůležitějším minerálem pro prevenci a léčbu

osteoporózy (Bartl & Frish, 2009, 83). Kocián a Patlejchová (1998, 12) uvádí tři důvody nedostatku vápníku v organismu:

- *snížený přívod vápníku potravou;*
- *snížené vstřebávání tohoto prvku v tenkém střevě;*
- *zvýšený odpad vápníku do moče, stolice a potu.*

2. 4. 1 Kalcium a vitamin D

Kalcium je nejhojnějším minerálem v těle (více jak 1 kg) a jeho většina (přibližně 99 %) je uložena v kostech. Je tedy hlavním kationtem kosti (tvoří jednu pětinu kostní hmoty) a organismus nemůže vybudovat ani udržet kostní hmotu, pokud je jeho příjem nedostatečný nebo denní ztráta vysoká.

Po příjmu potravy či suplementů kalcia se primárně vstřebává v tenkém střevě, především v duodenu a proximálním jejunu. Absorpce je dokončená během čtyř hodin. Během rapidního vývoje kostry, absorbuje dítě okolo 75 % přijatého kalcia, tato hodnota se snižuje u dospělých na 30 % (Bartl & Frish, 2009, 112). Absorpční schopnost střeva pro kalcium klesá s věkem při chybění sexagenů (sexuálních hormonu), vitamínu D a hyperkortizolismu (Broulík, 2007, 18).

Jak již bylo zmíněno, rezervoárem kalcia v těle je kost. Ta je důležitá pro udržení optimální koncentrace kalcia v cirkulující krvi a v extracelulární tekutině. Tělo není schopno nadbytek kalcia skladovat, proto množství vstřebané nad potřebu udržení kostní hmoty, je vyloučeno stolicí, močí nebo potem (Kocián & Patlejchová, 1998, 14).

Zvýšené ztráty vápníku do moči jsou nejčastěji způsobeny odchylkou v činnosti jinak naprosto zdravých ledvin, kdy se z ledvinových kanálků špatně zpětně vstřebává vápník a uniká tak ve zvýšené míře do moči. K druhotnému zvýšení odpadu vápníku do moči může dojít při jakémkoliv znehybnění (při obrně, těžké chorobě, po úraze), dále při předávkování vitamínem D a po některých lécích, při chorobách žláz s vnitřní sekrecí a při všech procesech, které zvyšují kostní odbourávání (Kocián a Patlejchová, 1998, 14). Nadměrná konzumace sacharidů či tuků může taktéž zvyšovat ztráty vápníku do moče či stolice.

Kdykoliv jsou denní ztráty kalcia větší, než je jeho absorpce, je kalcium osteoklastickou resorpcí, způsobenou hormonem příštítných tělísek, uvolňováno z kostí.

Tento proces redukuje mechanickou odolnost kosti, kostní sílu (Turner, 1993, in Kalvach et al., 2004).

Významná pro vývoj skeletu jsou některá období – dětství, dospívání, těhotenství, období před menopauzou a kolem ní. Tehdy by měl být zaručen dostatečný přívod kalcia a vitamínu D (Trnavský & Kolařík, 1997, 249). Prevence osteoporózy začíná již v dětství. Drugay (in Bartl & Frish, 2009, 83) definoval osteoporózu jako pediatrické onemocnění s geriatrickými následky. Kostra člověka se vyvíjí a roste, proto je v období dětství a dospívání důležitá strava bohatá právě na kalcium, které slouží jako stavební materiál, tak aby ve věku 25 let bylo dosaženo maxima kostní hmoty. Tudíž děti a dospívající jedinci potřebují 4krát více kalcia na 1 kg hmotnosti než dospělí, tj. 500–5 000 mg/den, s ohledem na věk.

Veliké požadavky na množství kalcia jsou během těhotenství a laktace cca 1 200–1 500 mg/den. „Těhotné ženy potřebují více vápníku na stavbu kostí svého plodu“ (Kocián & Patlejchová, 1998, 13).

Důležitý je také přísun kalcia před a kolem menopauzy, hlavně během dramatického úbytku kostní hmoty během tohoto období. Denní příjem kalcia před menopauzou by měl činit 1 000 mg/den (Kalvach et al., 2004, 309), u postmenopauzálních žen až 1 500 mg/den (Bartl & Frish, 2009, 85), stejně tak u mužů starších 65 let (Kalvach et al., 2004, 309). Není se třeba obávat předávkování, při nadbytku kalcia ve střevě dochází ke snížení aktivního vstřebávání (Broulík, 2007, 18). Doporučená dávka kalcia však nezaručuje jeho dostatečnou absorpci, která může být výrazně snížena interferencí s ostatními minerály, vlákninou a dalšími komponentami diety.

Potraviny, bohaté na kalcium, které by měly být součástí našeho jídelníčku: mléko a mléčné výrobky, čerstvá zelenina, ovoce a obilné produkty, minerální vody, ovocné džusy. Nesmíme zapomínat na další minerální látky, které hrají důležitou roli v metabolismu kostí: magnesium, boron, měď, mangan, zinek, fluorid a křemík. V potaz musíme brát skutečnost, že v přílišném množství mohou, tyto minerály, být zdraví nebezpečné (Bartl & Frish, 2009, 85).

Starší lidé si mohou navodit senilní osteoporózu vlivem nedostatečného příjmu kalcia a vitamínu D, který vede k mírné hypokalcémii, mírně zvýšené hladině parathormonu a tím k porušení kostního obratu s vystupňovanou osteoresorpcí a zkrácenou životností osteoblastu (Broulík, 2007, 17). Měli bychom také myslet na to,

že s věkem klesá resorpce vitamínu D v gastrointestinálním traktu, vlivem poklesu počtu receptorů pro vitamín D v gastrointestinálním traktu. Dále může být deficit způsoben dietou chudou na zdroje vitamínu D u starších lidí nebo nedostatkem světla u pacientů žijících v ústavních podmínkách ošetrovatelských ústavů (Kalvach et al., 2004, 308).

2. 4. 2 Další faktory ovlivňující řídnutí kostí

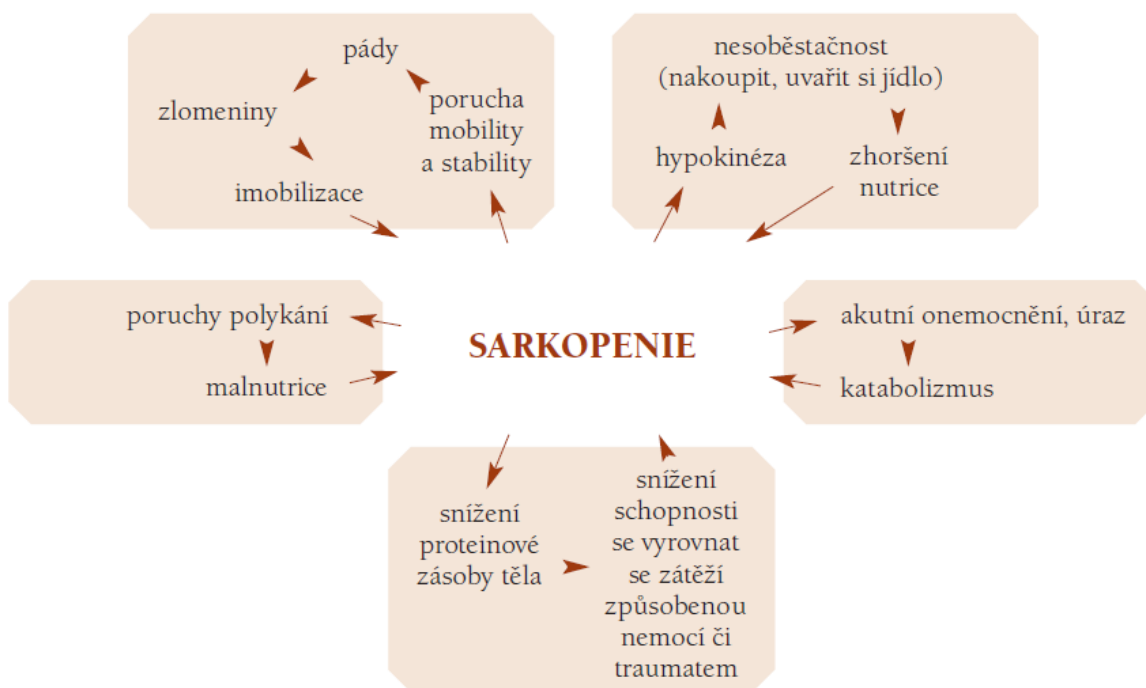
Se stoupajícím věkem dochází k fyziologickým změnám, které ovlivňují homeostázu a metabolické procesy. Charakteristickým rysem jsou změny složení těla a energetické potřeby. Obecně dochází ke snížení netukové hmoty těla, buněčné hmoty, k poklesu kostní denzity, hmotnosti tělesného svalstva a obsahu vody v organismu. Naopak stoupá celkový podíl tukové tkáně, zejména akumulace tuku v centrálních oblastech těla (Kalvach et al., 2004, 298).

Vzájemný poměr mezi tukuprostou hmotou (FFM – *fat-free mass*) a tukovou hmotou (BFM – *body fat mass*) se během života neustále mění v závislosti na věku, pohlaví, pohybové aktivitě a dalších faktorech. Podíl svalstva na tělesné hmotě se pohybuje kolem 30 % ve věkovém rozmezí 20 až 30 let a klesá až na 15 % mezi 70.–80. rokem věku (Kalvach et al., 2004, 298).

Vliv FFM a BFM na kost je velmi významný. Zamezení prudkému poklesu tukuprosté hmoty a souběžnému snížení svalové síly má pro seniory zásadní význam, neboť jim napomáhá udržet vlastní soběstačnost a eliminuje rozvoj sarkopenie.

Sarkopenie je důležitou komponentou tzv. syndromu křehkosti (*frailty*), který představuje pro seniorskou populaci závažný problém. Lidé, kteří trpí sarkopenií a přitom jsou obézní (*fat frail*), mají významně horší prognózu než křehcí senioři, kteří obézní nejsou (Holmerová, Jurašková, Vaňková, & Veleta, 2007).

Bartl a Frish (2009, 96) definují sarkopenii jako na věku závislý úbytek muskuloskeletární hmoty s průvodním jevem snížení svalové síly vedoucí k omezení pohybové aktivity. Nízká pohybová aktivita je spolu s postupujícím věkem jednou z hlavních příčin osteoporózy a jiných postižení, jež způsobují značné procento disability ve vyšším věku.



Obrázek 3. Sarkopenie zavzata do mnoha fatálních bludných kruhů
Zdroj: Holmerová et al. (2007)

Faktory, které způsobují svalovou slabost, se vyvíjejí z fyziologicky měřitelného deficitu (způsobeného např. dobou celkové imobilizace a neadekvátními stravovacími návyky) po klinicky signifikantní omezení funkcí zahrnující lokální bolest revmatoidní artritidy a osteoartritidy, podiatrické problémy a muskuloskeletární zranění (Shepard, 1997, 244). Důsledkem může být zvýšená mortalita.

Přestože se sarkopenie považuje za reverzibilní situaci, její léčení je obtížné a kromě všeobecného uznání účinnosti rehabilitace a nutriční podpory neexistuje konsenzus (a dostatek dat) pro její léčení. Je tedy zřejmé, že nejúčinnější strategií je prevence situací, které by mohly sarkopenii způsobit či zhoršit. Jedná se především o včasnou diagnózu a léčení onemocnění, a to zejména se stoupajícím věkem pacienta. (Holmerová et al., 2007, 25). Většina studií, zabývajících se problémem sarkopenie, se shodla na tom, že rezistentní cvičení a úprava nutričních zvyklostí může zlepšit ztrátu svalové funkce a tím přispět ke zlepšení celkové stavu organismu (Bartl & Frish, 2009, 97).

Další nepříznivý vliv na řídnutí kostí má nepřiměřená konzumace bílkovin. Při jejich chybění nebo nedostatku chybí stavební materiál pro organickou složku kosti – osteom. Ani nadbytek bílkovin ve stravě (hlavně masa) nepůsobí na kosti příznivě, neboť pro zvýšenou kyselost vnitřního prostředí po přeměně některých bílkovin

obsahujících síru dochází ke zvýšenému odbourávání kostí. Platí zde tedy zlatá střední cesta (Kocián & Patlejchová, 1998, 14).

Černá káva by se měla pít v omezené míře, ne více jak 4 šálky za den, v přílišném množství je totiž známá jako jedna z příčin prořidnutí kostí. V neposlední řadě bychom měli omezit přísun alkoholu. Nadměrná konzumace alkoholu poškozuje mozek, játra, která jsou zodpovědná za aktivaci vitamínu D; svaly a kostní buňky odpovědné za novotvorbu kosti. Naopak malé množství alkoholu má pozitivní vliv na kosti starších žen (Maurel, Boisseau, Benhamou, & Jaffre, 2012; Kocián & Patlejchová, 1998; Bartl & Frish, 2009).

Tabulka 2. Souhrn odlišné úrovně spotřeby alkoholu a jeho vliv na kostní tkáň u člověka

Spotřeba alkoholu	Model	Detail spotřeby alkoholu	Efekty	Studie ¹
Lehká dlouhodobá	PMŽ	8 g alkoholu/den - víno	Vyšší bederní a celotělové BMD	Ilich et al. 2002
	PMŽ	28–57 g alkoholu/týden	Vyšší pátevní a celotělové BMD a BMD distálního radia	Rapuri et al. 2000
Mírná dlouhodobá	PMŽ	11–29 g alkoholu/den - víno	Vyšší BMD trochanter major femoris	Ganry et al. 2000
	PMŽ	>2 sklenice/den - víno	Vyšší pánevní a pátevní BMD	Tucker et al. 2009
	M	1–2 sklenice/den	Vyšší pánevní BMD	Tucker et al. 2010
	M	>2 sklenice/den - likér	Nižší pánevní a pátevní BMD	Tucker et al. 2011
Nadměrná dlouhodobá	M	> 28 sklenic/týden	Zvýšené riziko fraktury pánve	Hoidrup et al. 1999
	M	60–100 g ethanolu/den >100 g ethanolu/den	Nízký osteokalcin, osteopenie Osteopenie, nízké BMD	Gonzalez-Calvin et al. 1993
	M, Ž	204 g ethanolu/den po 28 let	Nižší BMD, BMC a osteokalcin	Alvisa-Negrin et al. 2009

Poznámka: PMŽ – postmenopauzální ženy, M – muži, Ž – ženy. ¹ – sekundární citace.
Zdroj: Maurel et al. (2012)

Negativní vliv na naše kosti má také kouření. Kouření má škodlivý vliv na kostní metabolismus a je spojováno se snížením BMD u žen po menopauze. Zvláště astenické kuřačky jsou vystaveny velikému riziku zlomeniny (Broulík, 2007, 105). Kuřáci jsou, s porovnáním s nekuřáky, dvakrát více ohroženi zlomeninou kosti kyčelní. Žena, která vykouří jeden balíček cigaret denně, má o 10 % méně minerálů v kostech během menopausy, jež přichází o 1–2 roky dříve než u nekuřačky. U mužů kouření způsobuje signifikantní redukci v množství testosteronu, který (jako u ženy) rozhoduje o snížení kostní denzity, tj. akceleruje ztráty kosti (Bartl & Frish, 2009, 90).

„Významným důvodem nadměrné osteoresorpce a zrychleného úbytku kostní hmoty ve vyšším věku navozuje také imobilizace nebo nízká fyzická aktivita“ (Krátká,

2007, 10). Pohybová aktivita je nedílnou součástí prevence i léčby osteoporózy. Fyzická aktivita a vliv gravitace jsou nejdůležitějšími faktory pro kostní růst a remodelaci kosti (Němcová & Korsa, 2008, 166). Navíc je osteoresorpce při nízkém nebo chybějícím zatížení chaotická a novotvořená kost nemá potřebnou mikroarchitekturu. Může to vyústit až v osteoporózu z inaktivity (Štěpán, 2005).

Zdravý způsob života znamená dostatek pohybu, nekuřáctví, omezenou konzumaci alkoholu. Rychle je třeba reagovat na onemocnění vedoucí k sekundární osteoporóze, jakým je onemocnění štítné žlázy nebo příštítných tělísek (Kalvach et al., 2004, 631).

2. 4. 3 Pohybová aktivita

K základním předpokladům očekávané osobní i společenské pohody osob vyššího věku nezbytně patří i dobře fungující motorika a na ni navazující schopnost volného pohybu. Jak bylo opakovaně dokumentováno, pokles výdeje energie, který probíhá současně s postupujícím věkem, se projevuje především omezováním pohybové aktivity (Máček & Radvanský, 2011, 141).

Ve vyspělé společnosti senioři očekávají zasloužilý odpočinek, stejně jako primitivní národy, kde dospělí jedinci na sebe přebírají odpovědnost za lov od starších členů komunity (Shepard & Rode, 1996 in Shepard, 1997, 19).

Z různých odhadů a dotazníkových průzkumů vyplývá, že jen asi 13 % mužů a o něco méně žen provádí ve věku mezi 60 a 70 lety pravidelnou pohybovou aktivitu v doporučené intenzitě (Máček & Radvanský, 2011, 142), naopak s narůstajícím věkem se zvyšuje procento těch, kteří upřednostňují chůzi (více muži) a zahradničení (oboje pohlaví) (Shepard, 1997). Dle studie Hansen et al. (2012) tráví dospělí a starší lidé většinu svého denního času sedavými činnostmi, a pouze 20 % populace splňuje současná doporučení týkající se pohybové aktivity.

Někteří autoři však zastávají názor, že především pokles rozsahu pohybové aktivity je prvotní příčinou, která současně ovlivňuje i vlastní průběh stárnutí. Při snížení pohybové aktivity rychleji klesá síla, snižuje se počet svalových vláken, tím se zmenšuje objem svalů. Objevují se i další regresivní změny v celém pohybovém systému včetně kostí. Existuje řada pozorování, která ukazují, že při dlouhodobém udržení určitého stupně pravidelné pohybové aktivity se toto negativní působení věku

zpomaluje nebo dokonce zastavuje. Blahodárný efekt pohybové aktivity s postupujícím věkem však klesá; příčina tohoto jevu však není přesně známa. Má se za to, že souvisí s poklesem aktivity neuromuskulárních funkcí a s nižší schopností syntetizovat bílkoviny (Máček & Radvanský, 2011, 141).

Pravidelná pohybová aktivita tedy předchází mnoha chronickým onemocněním a pomáhá nastolit funkci dříve, než se objeví symptomy. To platí pro ischemickou chorobu srdeční, periferní cévní onemocnění, hypertenzi, městnanou srdeční slabost, chronickou obstrukční plicní chorobu, obezitu, diabetes mellitus, osteoporózu, a některé formy rakoviny (tračnicku, prsou a ženského reprodukčního traktu) (Shepard, 1997, 29).

2. 4. 3. 1 Pohybová aktivita a osteoporóza

„Rozhodujícím faktorem pro vznik osteoporózy je nedostatek pohybu, neboť pohyb zatěžuje kost a napomáhá tvorbě kostní hmoty“ (Stejskal, 2004, 21). Mechanické faktory, jako svalová síla a fyzická aktivita, nemechanické faktory jako věk, pohlaví, hladina hormonů a dieta mají na zdraví kosti největší vliv (Spirduso et al., 2005).

Pohybová aktivita je tedy důležitá k udržení kostní tkáně, naopak klid na lůžku, imobilizace a nepoužívání svalů jsou pro mineralizaci kostí katastrofální. „Proto lidé, kteří v mládí intenzivně sportovali, mají vytvořeno více kostní hmoty a osteoporóza jim hrozí v menší míře než lidem s celoživotním nedostatkem pohybu“ (Stejskal, 2004, 21). Dokazují to hodnoty BMD vrcholící ke konci druhé životní dekády, jež potvrzují hypotézu, že množství pohybové aktivity v dětství a adolescenci je rozhodující pro kvalitu a funkci kostní tkáně v dospělosti, může tak působit jako prevence osteoporózy (Máček & Máčková, 2011). Je dokázáno, že fyzické aktivity jako plyometrické aktivity, gymnastika a vysokointenzivní rezistentní trénink zvyšují nárůst kostních minerálů během dětství a adolescence (Kohrt, Bloomfield, Little, Nelson, & Yingling, 2004, 1992). Taková prevence osteoporózy vyžaduje jak dostatečně dlouhou expozici, tak i intenzitu, aby se její efekt projevil i ve vyšším věku, kdy hrozí nebezpečí fraktury pro ochablost pohybového ústrojí ohrožující zvláště ženy po klimakteriu. Znamená to pěstovat pohybovou aktivitu i odporová cvičení po celé dospívání. Prokázalo se, že nezralá kostra je na pohybové popudy podstatně citlivější než zralá a lze ji proto příznivě ovlivnit. Toto období probíhá před pubertou a slábne s jejím nástupem. Vliv pohybové aktivity 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 %. K tomu, aby se snížilo riziko fraktury stehenního krčku o polovinu, je nutné zvýšit hustotu nejméně o 10 % (Máček & Radvanský, 2011, 137).

S nedostatkem pohybu se pojí úbytek aktivní svalové hmoty, jež může mít za následek poruchu rovnováhy. Důsledkem je zvýšené riziko pádů u starších osob. Automatická schopnost udržet rovnováhu je postupně ale systematicky snížena od 30 let nahoru. U osteoporotických pacientů jsou následkem snížené schopnosti udržet rovnováhu pády a tudíž i možnost fraktury. Rovnováha může být testována pomocí „*Get Up And Go Test*“. Test probíhá následovně: nejprve jedinec stoupne ze židle bez pomoci rukou; ujde několik kroků; otočí se a vrátí se zpět k židli, na kterou se, bez použití rukou, opět usadí. Pokud je tento test úspěšně dokončen, rovnováha není problém. Randomizované klinické testy ukazují, že cvičení může snížit riziko pádů více než o 25 % (Bartl & Frish, 2009, 96). Seniors, kteří pravidelně cvičí, postihují méně často úrazy pohybového systému. Právě tak je méně ohrožují pády vyvolané poruchami rovnováhy, koordinace a oslabením posturálního svalstva (Máček & Radvanský, 2011, 145). Cvičební programy pro starší ženy a muže by tedy měly zahrnovat kromě vytrvalostních a rezistentních aktivit, jejichž cílem je udržovat kostní hmotu, také aktivity na zlepšení rovnováhy a prevenci pádů (Kohrt et al., 2004, 1993). Tréninkový program by měl zahrnovat (Bartl & Frish, 2009, 97):

- *zahřátí, před samotným cvičením (5–10 min);*
- *trénink vysokoimpaktních aktivit (volejbal, vertikální skoky);*
- *trénink síly (silné svaly – silnější stimulace kostní formace);*
- *stretching (předchází zranění a zlepšuje flexibilitu);*
- *trénink rovnováhy (prevence proti pádům).*

„...dříve zamítaná silová cvičení, která byla obviňována ze zvyšování rizika hypertenze, vzestupu tlaku v plicní arterii i převahy tlakové práce myokardu, se pro svůj přínos ukázala jako nezbytná, stejně jako potřeba aerobního tréninku“ (Máček & Radvanský, 2011, 145).

Pohybová aktivita, jak již z textu (viz výše) vyplynulo, je nedílnou součástí léčby osteoporózy, často však bez přesné specifikace a údajů o frekvenci a intenzitě (Máček & Máčková, 2011). Fyzická aktivita a vliv gravitace jsou tedy nejdůležitějšími faktory pro

kostní růst a remodelaci kosti (Němcová & Korsá, 2008, 166), zatímco suplementy kalcia nebo léčba estrogeny pouze zpomalují resorpci kosti (Frank et al., 1991; Heaney 1986 in Spirduso et al., 2005, 72). „Pokud se nezvýší svalová hmota a tím mechanická zátěž skeletu, nestane se medikamentózně navozený materiál pro kost opravdu „potřebným“ a vysazení farmakologické léčby bude následováno rychlým úbytkem kostní hmoty“ (Štěpán, 2005).

Pohybová aktivita se liší podle úrovně nebo komplikace osteoporózy. Může být jako léčba samotné osteoporózy, a to u pacientů buď s akutními komplikacemi osteoporózy (např. fraktura krčku femuru, Collesova fraktura, kompresivní fraktura obratlů apod.) anebo chronické osteoporózy. Ve druhé skupině jsou lidé, u kterých nejsou příznaky osteoporózy ještě plně manifestní a kde fyzická aktivita je důležitá zejména jako prevence (Němcová & Korsá, 2008, 166).

Výběr typu pohybové aktivity závisí na zdravotním stavu cvičence, jeho zdatnosti i na jeho předchozích zkušenostech a uplatnění ve sportu. Samozřejmě i na finančních možnostech, pokud si vybere nákladnější formy pohybové aktivity (Máček & Radvanský, 2011 147). Riegerová et al. (2009) podotýká, že pro udržení, případně rozvoj kostní hmoty ve starším věku je třeba provádět takovou aktivitu, při které působí na aktivovanou část skeletu síla a gravitace. Nejjednodušší, nejpřístupnější i nejméně riziková forma pohybové aktivity pro starší osoby je prostá chůze. Adherence osob k pohybové aktivitě ve formě chůze je uspokojivá. Její efektivnost lze snadno kontrolovat pomocí jednoduchých přístrojů, krokoměrů (Máček & Radvanský, 2011, 147).

Podle Bartla a Frishe (2009) jsou nejefektivnějšími aktivitami horolezectví, chůze, jogging, běh, volejbal, basketbal, tanec, golf a speciálně chůze do schodů. Tyto aktivity jsou vhodné, jelikož při nich dochází k formování kosti.

Máček a Radvanský (2011) zdůrazňují pozitiva vyšší tělesné zdatnosti:

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

2. 4. 3. 2 Doporučení vztahující se k pohybové aktivitě

Některé státy i mezinárodní organizace jsou si pozitivních dopadů pohybové aktivity na lidské zdraví vědomy a jejich snahou je informovat, o těchto zjištěních, veřejnost. Přesto jsou informace širší veřejnosti o možném kladném působení PA i ve vyšším věku velmi omezené.

Mezi současné nejvýznamnější doporučení k pohybové aktivitě patří americká doporučení (USDHHS, ACSM/AHA) a první doporučení pro státy Evropské unie.

U. S. Department of Health and Human Services (2008) zveřejnila obecná doporučení týkající se intenzity pohybové aktivity pro dospělou a seniorskou populaci. Doporučují provádět středně zatěžující pohybovou aktivitu alespoň 150 minut týdně nebo 75 min vysoce intenzivní pohybové aktivity.

Doporučení American College of Sports Medicine and the American Health Association (ACSM/AHA) byla předlohou i pro doporučení Světové zdravotnické organizace (WHO). Je v nich proto shodně uvedeno, že zdraví dospělí ve věku 18–65 let by měli provádět středně zatěžující pohybovou aktivitu nejméně 30 minut pětkrát týdně nebo intenzivní pohybovou aktivitu nejméně 20 minut třikrát týdně. Přičemž doporučená doba pohybové aktivity může být v rámci dne splněna i součtem několika alespoň desetiminutových časových úseků (Pelclová, Gába, Přidalová, Engelová, Tlučáková, & Zajac-Gawlak, 2009). Všechna zmíněná doporučení, vydána těmito asociacemi, kladou důraz na cvičení pro udržení svalové síly a vytrvalosti, čímž je možné zabránit rozvoji sarkopenie, která má v konečném důsledku negativní vliv na celý organismus.

Uvedená doporučení se vztahovala k intenzitě a frekvenci prováděné pohybové aktivity. Určitým způsobem, jak snadno vyjádřit potřebný objem zátěže a z toho odvozovat množství energie vydávané pohybem, je vyjádřit tento pochod počtem kroků. Jde samozřejmě o hrubý odhad, protože kroky mohou být delší nebo kratší, frekvence rychlejší či pomalejší, mohou nést drobné tělo dítěte nebo mohutného muže apod. Na druhé straně lze jejich počet snadno sledovat pomocí krokoměru a stanovit tak orientačně jejich potřebný počet pro každý den (Máček, Máčková & Smolíková, 2010, 117). Za nejobecnější a nejvíce používané doporučení k dennímu počtu kroků se považuje doporučení 10 000 kroků za den (Hatano, 1993 in Pelclová et al., 2009).

Tudor-Locke a Bassett (2004) na základě tohoto obecného doporučení stanovili klasifikaci pohybové aktivity u zdravých dospělých jedinců, která je založena na počtu vykonaných kroků během jednoho dne: méně než 5 000 kroků/den označuje sedavý způsob života, též nazývaný jako sedentarismus, který se vyznačuje velmi omezenou pohybovou aktivitou během dne. Hodnoty kolem 5 000 až 7 499 kroků/den jsou označovány jako mírná aktivita, kdy jedinci nesportují ani nevykonávají delší procházky. Středně aktivní jedinci dosáhnou 7 500 až 9 999 kroků/den, většinou však i v rámci zaměstnání. Více jak 10 000 kroků/den je žádoucí energetický výdej a tito jedinci jsou řazeni do sekce aktivní, vykonávající středně intenzivní pohyb bez soutěžního sportu. Více jak 12 500 kroků/den dosahují osoby pravidelně trénované.

„Plnění doporučení vztahující se k počtu kroků/den se v porovnání s plněním doporučení vztahujícími se k středně zatěžující pohybové aktivitě ukazuje jako účinnější prostředek pro snížení rizika nadváhy a obezity“ (Pelclová et al., 2009). Doporučení 10 000 kroků denně je 1 200 až 1 600 kJ (300 až 400 kcal) každý den, což znamená 70 000 kroků týdně a 8 400 až 11 200 kJ (2 100 až 2 800 kcal). Doporučení the American Health Association o 30 minutách PA střední intenzitou denně, pak znamená nejnižší výdej, a sice 150 kcal (Máček, Máčková & Smolíková, 2010, 117).

Významná studie registruje výskyt osteoporózy a stavu imunity, které provázejí redukci pohybové aktivity spojenou s vyšším věkem. Podle výpočtu z exponenciálních regresní rovnice vztažené na dobu jednoho roku ultrasonický index udržuje pozitivní vztah k pohybové aktivitě při hodnotách 8 000 až 10 000 kroků. Pokládá se proto za možné, že i ve vyšším věku mohou být kladně ovlivněny velmi těžko změnitelné faktory spojené s osteoporózou (Máček, Máčková, & Smolíková, 2010, 119).

3 Cíle a výzkumné otázky

3. 1 Primární cíl

Hlavním cílem diplomové práce je, na základě denzitometrického vyšetření, posouzení kostní denzity v jednotlivých částech skeletu a vybraných ukazatelů pohybové aktivity, monitorované pomocí akcelerometru, u postmenopauzálních žen ve věku 50–75 let.

3. 1. 1 Dílčí cíle

- Vyhodnotit množství kostních minerálů a kostní denzitu v celém skeletu, v oblasti lumbální páteře (L₁–L₄) a proximálním femuru u sledovaného souboru.
- Posoudit odchylky v kostní denzitě celého skeletu, v oblasti lumbální páteře (L₁–L₄) a proximálního femuru mezi sledovanými ženami a ženami stejného věku (Z-skóre) a mladými zdravými ženami (T-skóre).
- U sledované skupiny žen vyhodnotit výskyt osteopenie a osteoporózy na základě T-skóre v celém skeletu a jeho dílčích částech (bederní páteř, proximální femur).
- Stanovit pohybovou aktivitu sledovaného souboru z hlediska intenzity zatížení a objemu.
- Vyhodnotit plnění doporučení týkající se intenzity a objemu pohybové aktivity sledovaných žen.
- Na základě ankety určit úroveň pohybové aktivity (závodní vs. rekreační) prováděné probandkami v dospívání.
- Stanovit rozdíly v kostní denzitě sledovaných oblastí skeletu mezi ženami, které v současné době vykonávají >10 000 kroků/den a těmi, které tohoto počtu kroků nedosáhnou.
- Stanovit rozdíly v kostní denzitě sledovaných oblastí skeletu mezi ženami, které v dospívání vykonávaly pohybovou aktivitu závodně a těmi, které vykonávaly pohybovou aktivitu rekreačně.

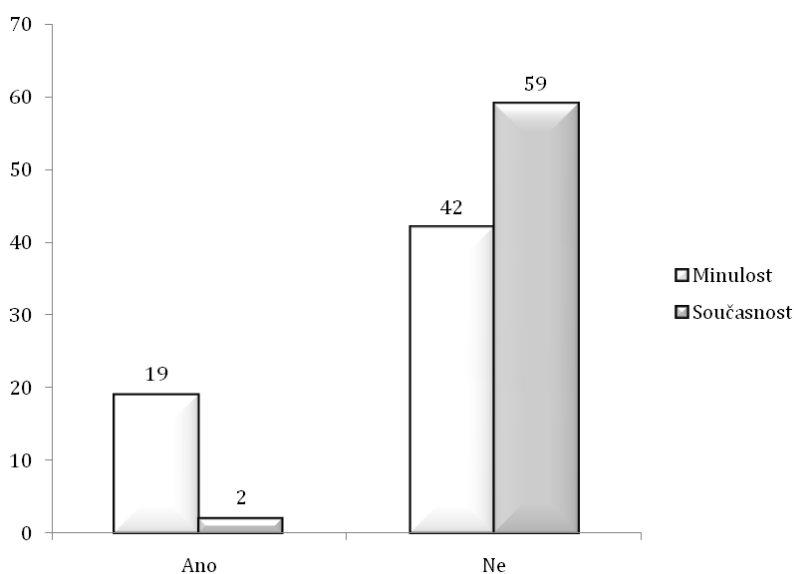
3. 2 Výzkumné otázky

- Vykazují ženy, které plní doporučení 10 000 kroků/den lepší stav kostní tkáně než ženy, které dané doporučení neplní?
- Vykazují ženy, které v období dospívání prováděly pohybovou aktivitu závodně lepší stav kostní tkáně než ty, které ji prováděly rekreačně?

4 Metodika práce

4. 1 Výzkumný soubor

Výzkumu se zúčastnilo 61 postmenopauzálních žen z Univerzity třetího věku (U3V) Fakulty tělesné kultury a Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci ve věkovém rozmezí 50–75 let. Studentkám U3V byla před začátkem letního semestru 2010 nabídnuta dobrovolná participace na projektu, který měl za cíl posoudit vztah pohybové aktivity a kostní denzity u těchto žen. Ženy taktéž podstoupily měření základních somatických parametrů. Průměrná hodnota tělesné výšky vzorku byla $160,50 \pm 6,09$ cm, průměrná tělesná hmotnost $70,60 \pm 12,87$ kg a průměrný věk nástupu menopauzy $49,93 \pm 3,82$ let. Probandky byly převážně nekuřačky (viz obrázek 4) a žádná z nich nepodstoupila hysterektomii, hormonální substituční terapii, výměnu kyčelního nebo kolenního kloubu, déle trvající léčbu kortikoidy, antiepileptiky, nethiazidovými diuretiky, antikolagancií, či jinou léčbu, která by vedla k dlouhodobé imobilizaci či hypokinezi z imobilizace. Na základě těchto informací jsme předpokládali, že probandky neměly narušenou kostní tkáň jinými faktory.



Obrázek 4. Četnost probandek, které kouřili/nekouřili v minulosti nebo současnosti

Každá z účastnic podstoupila denzitometrické vyšetření, o jehož organizaci, průběhu a případných rizicích byly podrobně seznámeny. Stejně tak byla zajištěna anonymita probandek. Před vlastním vyšetřením podepsaly probandky informovaný

souhlas s účastí na výzkumu, který byl podpořen souhlasem Etické komise Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

4. 2 Měření kostní denzity

Kostní denzita v celém skeletu, oblasti lumbální páteře (L₁–L₄) a proximální části femuru byla měřena přístrojem DXA Lunar Prodigy Primo™ od firmy GE Healthcare (Velká Británie), za použití továrního softwaru enCORE. Přístroj byl denně kalibrován pomocí fantomu Lunar s přesností na ±1 %. Dvouenergieová rentgenová absorpciometrie je v současné době považována za nejpřesnější vyšetření, tzv. zlatý standard v měření kostní denzity a vyznačuje se vysokou přesností při opakovaném měření. Šetrnost této metody spočívá ve velmi slabém rentgenovém záření (2–12 mikrosievert) o dvou energiích, které je pohlceno kostní tkání, tudíž nepoškozuje zdraví měřené osoby. Naměřená kostní denzita (BMD, g/cm²) a množství minerálů v kosti (BMC, g) jsou srovnány s průměrnou hodnotou mladých zdravých jedinců stejného pohlaví a národnosti, jedná se o T-skóre. Hodnota T-skóre je základním diagnostickým kritériem. Podle Světové zdravotnické organizace (2003):

- *zdravé osoby, s normálním BMD, mají T-skóre vyšší než -1 (optimálně nulové), rozmezí 2,5 až -1,0;*
- *hodnoty T-skóre v pásmu od -1,0 do -2,5 jsou označovány jako osteopenie;*
- *osteoporóza je definována jako T-skóre rovno či menší než -2,5.*

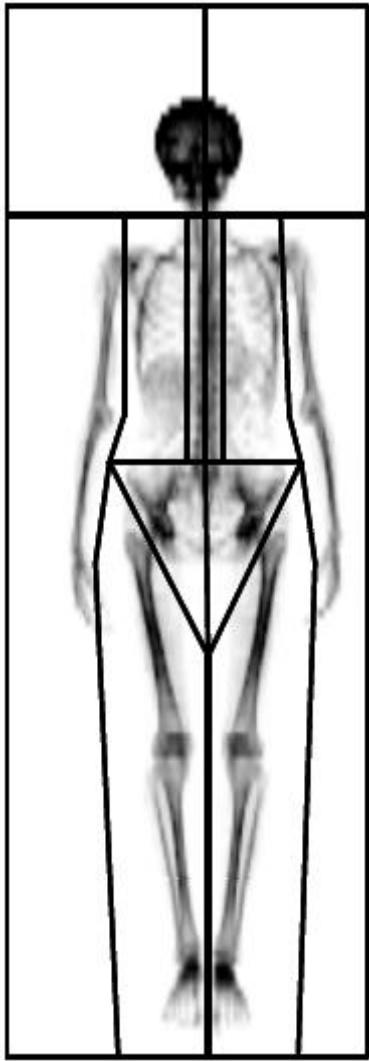


Obrázek 5. Hodnoty T-skóre vyjadřující stav kostní tkáně

Dále je naměřený výsledek BMD možno porovnat s BMD jedinců stejné věkové kategorie, pohlaví a národnosti, a získáme tzv. Z-skóre, které udává počet standardních odchylek od průměrné hodnoty osob stejného věku a pohlaví.

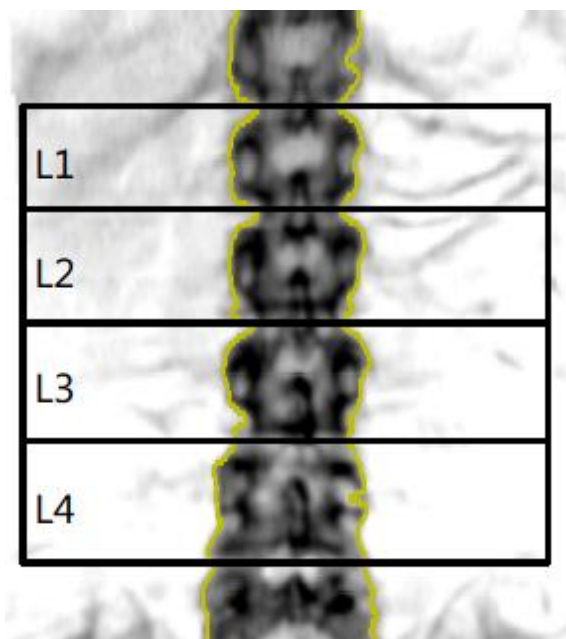
4. 2. 1 Průběh denzitometrického vyšetření

Měření probíhalo v laboratorní místnosti G-centra Olomouc s. r. o. na Horním náměstí 285/8 ve spolupráci s MUDr. Alešem Skřivánkem. Jednotlivé probandky byly do G-centra objednány na určitý den a určitou hodinu, kde vyplnily základní osobní údaje a rodinnou anamnézu. Celý proces standardně probíhá následovně: účastnice je uvedena do místnosti, kde probíhá měření na přístroji Lunar Prodigy Primo™. Radioložka, která měření provádí, vyzve probandku k svlečení do spodního prádla. Veškeré kovové předměty (šperky, kostice od podprsenky, pásky, kovové knoflíky aj.) musejí být odloženy, aby byla zaručena přesnost měření. Žena ve spodním prádle ulehne na přístroj a započne měření celkové tělesné denzity kranio-kaudálním směrem. Při měření musí být vždy zachovány standardní podmínky: tělo ženy musí být vyrovnáno podle referenční linie znázorněné na stole (centralizováno); ruce uloženy palcem nahoru podél těla; paže nataženy mírně od těla, dlaněmi směřujícími dolů; dolní končetiny sepnuty v oblasti kolen a kotníků páskami se suchým zipem, aby nedocházelo k pohybu; mezi mediální kotníky dolních končetin je probandce umístěn pěnový trojúhelníkový útvar, z důvodu zachování přirozeného postavení kyčlí. Délka měření je přibližně 10–15 min. Měření zachycuje jednotlivé tělesné kompartmenty: *hlava, levá a pravá horní končetina, trup včetně žeber a páteře, levá a pravá dolní končetina včetně pánve* (viz obrázek níže).



Obrázek 6. *Denzitometrické zobrazení celého těla*

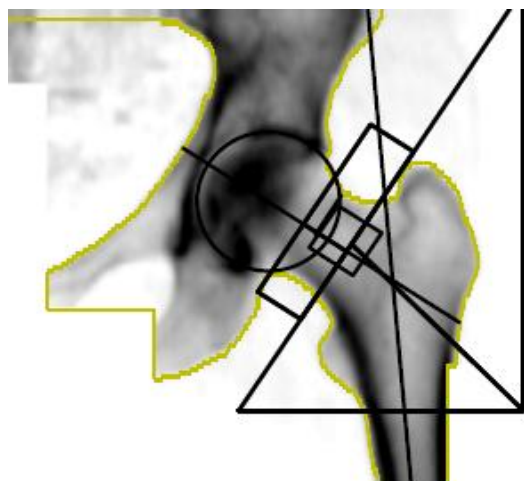
Následuje sken bederní páteře. Pacientovi jsou podloženy dolní končetiny, kdy stehna svírají s deskou stolu úhel 60° až 90° , podpurným blokem. Tento krok pomůže oddělit obratle a napřímí dolní část páteře. Posléze radioložka umístí snímací rameno nad oblast podbřišku (5 cm pod pupek pacienta) a sejme předběžný snímek. Pokud poloha páteře na snímku zapadne do diagnostické mřížky, je sejmout snímek finální. V diagnostické mřížce musí být zobrazena přibližně polovina obratle TH₁₂, obratle L₁ po celý obratel L₄ a horní část obratle L₅. Délka měření bederní oblasti je přibližně 3 minuty. Lumbální páteř je měřena v úseku L₁-L₄, tak jak je zobrazeno na obrázku níže, se kterým je možno pracovat jako s celkem nebo s jednotlivými úseky (L₁-L₂ a L₃-L₄) a popřípadě samotnými obratli.



Obrázek 7. Densitometrické zobrazení lumbální páteře (L_1-L_4)

V závěru densitometrického vyšetření je pacientka požádána o zkřížení rukou na hrudníku, tak aby se paže dostaly mimo strany kyčelních kloubů. Radioložka umístí laser přibližně 7–8 cm pod trochanter major, kde se protínají příčná (*symphysis pubica*) a středová linie femuru. V délce tří minut je proveden snímek proximální části stehenní kosti a jejích dílčích segmentů:

- *trochanter major femoris;*
- *collum femoris (horní i dolní část);*
- *Wardův trojúhelník;*
- *tělo femuru.*



Obrázek 8. Densitometrické zobrazení oblasti proximálního femuru

Po ukončení měření na přístroji DXA, je vytisknut předběžný formulář vyšetření a probandce je prezentován její stav. V případě odhalení osteopenie či osteoporózy je ženě nabídnuta konzultace s lékařem.

4. 3 Pohybová aktivita a monitoring pohybové aktivity

V rámci projektu byla monitorována pohybová aktivita všech 61 probandek. Pro zjištění vybraných ukazatelů pohybové aktivity byl použit akcelerometr ActiGraph GT1M (Manufacturing Technology Inc., FL, USA), který umožňuje sledovat její intenzitu a množství vykonaných kroků. Jedná se o miniaturní zařízení o rozměrech 3,8 cm x 3,7 cm x 1,8 cm a hmotnosti 27 gramů, proto lze předpokládat, že probandky neomezoval při vykonávání pohybových činností. Probandky, které souhlasily s měřením, byly poučeny o správném umístění přístroje (nad pravým kyčelním kloubem) jehož stabilita a ochrana byly zajištěny elastickým pásem s ochranným pouzdem, který eliminoval nežádoucí posuny akcelerometru. Ženy byly poučeny o důležitosti nasazení přístroje bezprostředně po probuzení a odkládání při pohybových činnostech uskutečňovaných ve vodním prostředí. Dále byly požádány, aby nosily Actigraph alespoň 10 hodin denně po dobu osmi, po sobě následujících, dnů. Z důvodu zajištění objektivitu monitoringu byl první sledovaný den z analýzy vyloučen. Z tohoto důvodu se analyzované výsledky vztahují pouze k sedmi po sobě následujícím dnům.



Obrázek 9. Akcelerometr ActiGraph GT1M

Akcelerometr registruje vertikální zrychlení těžiště těla, které zaznamenává v jednotkách zvaných counts v 60 sekundách. Díky tomu můžeme stanovit intenzitu

prováděné pohybové aktivity. Esliger et al. (2005) stanovili rozmezí 1 951 až 5 724 counts za minutu, které vymezuje hranice mezi lehkou (< 3 METs), středně zatěžující (3–6 METs) a intenzivní pohybovou aktivitou (> 6 METs).

Jeden MET je definován jako výdej energie při nečinném sedu, kdy dospělá osoba spotřebuje 3,5 ml kyslíku na jeden kilogram tělesné hmotnosti za jednu minutu (3,5 ml O₂/kg/min), což je přibližně jedna kilokalorie na jeden kilogram tělesné hmotnosti za jednu hodinu (kcal/kg/hod) (Frömel, Novosad, & Svozil, 1999).

Pohybová aktivita pomocí akcelerometru byla monitorována za účelem sledování plnění doporučení týkající se vykonaných kroků za den (10 000 kroků/den) a intenzity pohybové aktivity v minutách za týden. Byl monitorován celkový počet kroků za den, průměrný počet kroků za týden, průměrný počet kroků ve všední dny (pondělí–pátek) a průměrný počet kroků o víkendu (sobota–neděle).

Doplňující informace o pohybové aktivitě probandek v období dospívání skeletu a v současné době nám poskytla krátká anketa, kterou vyplnily bezprostředně po densitometrickém vyšetření. Cílem ankety bylo především zjištění, zda probandky v období dospívání prováděly pohybovou aktivitu závodního či rekreačního charakteru.

4. 4 Statistické zpracování dat

Získaná data byla zpracována adekvátními postupy. Pro každou proměnnou byly vypočítány základní statistické charakteristiky (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, maximum a minimum). Pro posouzení rozdílů v kostní denzitě ve sledovaných segmentech skeletu byl soubor rozdělen na dílčí subsoubory, a to podle pohybové aktivity prováděné v současnosti (méně nebo více než 10 000 kroků za den) a v minulosti (závodně nebo rekreačně). Rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny prostřednictvím nepárového t-testu na 95% hladině významnosti.

5 Výsledky

5.1 Hodnocení kostní tkáně

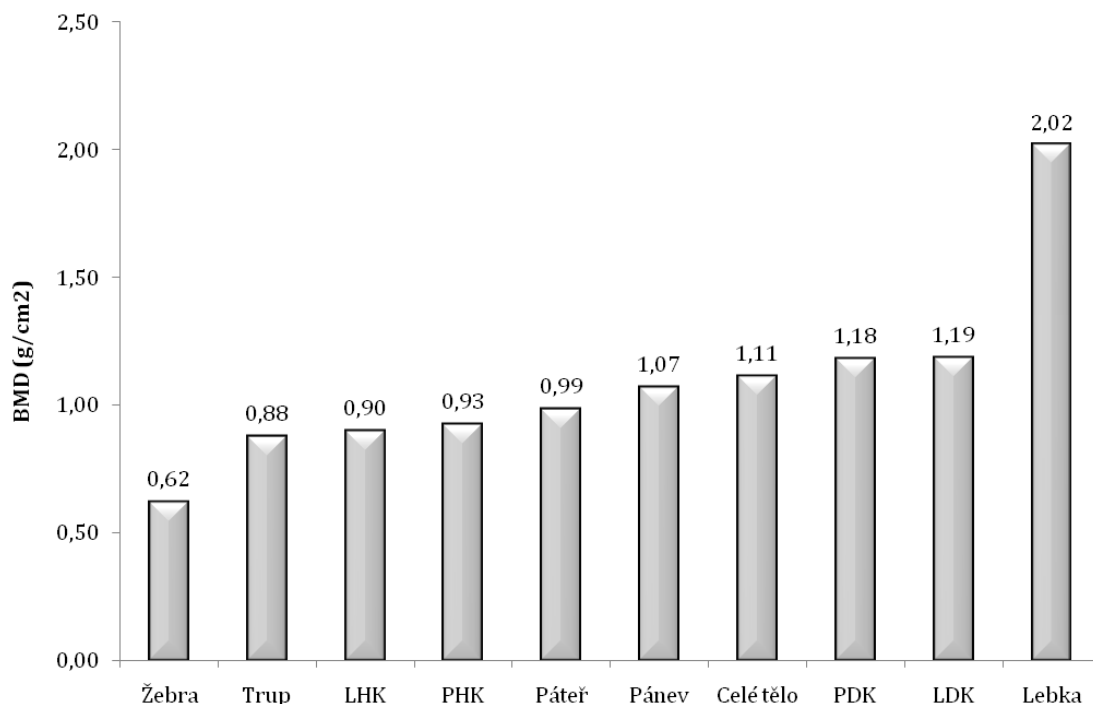
Na základě denzitometrického vyšetření výzkumného souboru 61 postmenopauzálních žen byla, u těchto žen, vyhodnocena data o obsahu kostních minerálů a kostní denzitě v celém skeletu a jeho jednotlivých částech.

Tabulka 3. Výsledné hodnoty obsahu kostních minerálů a kostní denzity v jednotlivých segmentech těla u sledovaných postmenopauzálních žen

		\bar{x}	s	min	max
lebka	BMC (g)	433,08	70,90	266,00	571,00
	BMD (g/cm ²)	2,02	0,30	1,31	2,60
levá horní končetina	BMC (g)	143,38	22,19	94,00	189,00
	BMD (g/cm ²)	0,90	0,10	0,72	1,16
pravá horní končetina	BMC (g)	142,08	22,09	101,00	187,00
	BMD (g/cm ²)	0,93	0,11	0,72	1,16
trup	BMC (g)	699,21	155,42	394,00	1233,00
	BMD (g/cm ²)	0,88	0,07	0,72	1,02
žebra	BMC (g)	186,16	61,66	99,00	479,00
	BMD (g/cm ²)	0,62	0,05	0,52	0,76
pánev	BMC (g)	281,23	63,39	154,00	443,00
	BMD (g/cm ²)	1,07	0,09	0,85	1,25
páteř	BMC (g)	231,89	42,70	138,00	324,00
	BMD (g/cm ²)	0,99	0,12	0,75	1,21
levá dolní končetina	BMC (g)	460,80	70,31	297,00	580,00
	BMD (g/cm ²)	1,19	0,10	1,00	1,35
pravá dolní končetina	BMC (g)	459,26	73,26	286,00	580,00
	BMD (g/cm ²)	1,18	0,10	0,95	1,40
celé tělo	BMC (g)	2337,84	363,87	1533,00	3245,00
	BMD (g/cm ²)	1,11	0,09	0,92	1,27
	T-skóre	-0,14	1,12	-2,60	1,80
	Z-skóre	0,73	1,01	-1,40	2,80

Z tabulky 3 vyplývá, že nejvíce kostních minerálů bylo zaznamenáno v segmentu trupu (699,21±155,42 g), ačkoliv z hlediska kostní denzity se jednalo o segment s druhou nejnižší kostní hustotou (viz obrázek 10). Nejnižší množství kostních minerálů jsme mohli pozorovat na žebrech, která současně vykazovala nejnižší kostní denzitu. Naopak nejstabilnějším úsekem těla z hlediska kostní hustoty byla lebka (2,02±0,30 g/cm²). Na obrázku 10, ve kterém jsou seřazeny segmenty těla na základě kostní denzity, můžeme sledovat rozdíl mezi nejméně stabilním a nejvíce stabilním úsekem těla, který činí 1,40 g/cm². Porovnáme-li BMD mezi pravou a levou horní končetinou,

hodnota se liší pouze o 0,03 g/cm², rozdíl hustoty v dolních končetinách je taktéž minimální (0,01 g/cm²). Dále můžeme pozorovat ty segmenty, které mají vyšší denzitu, než je celotělová (pravá dolní končetina, levá dolní končetina, lebka) i ty, jejichž hustota je nižší (žebra, trup, levá horní končetina, pravá horní končetina, páteř a pánev).



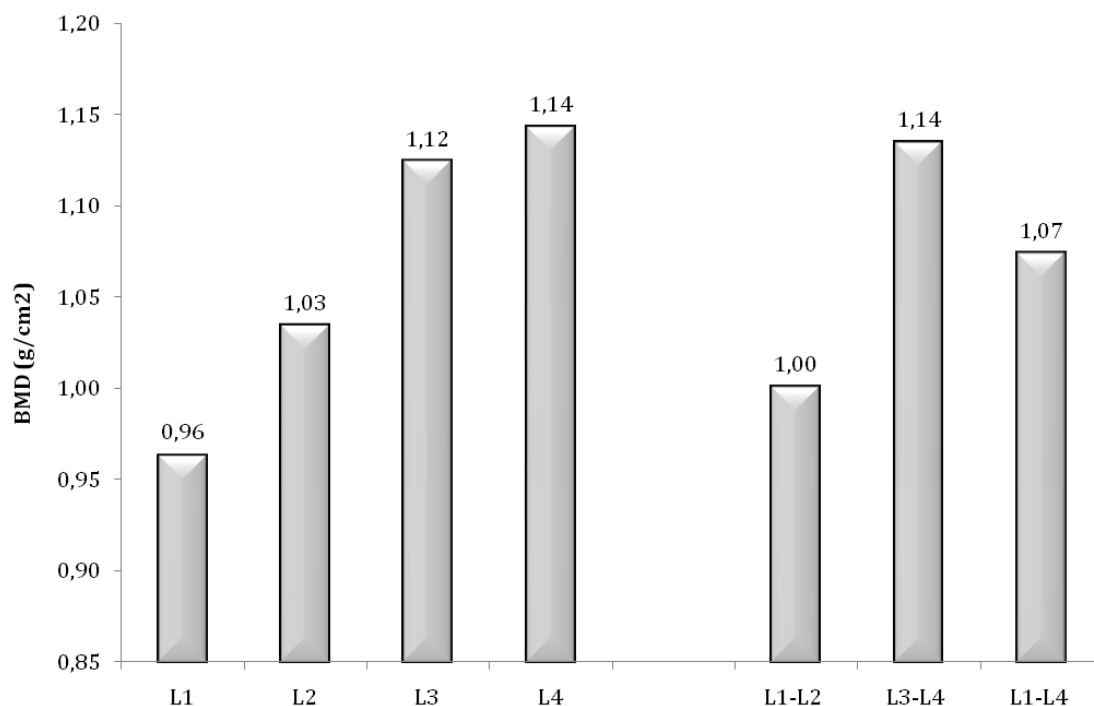
Obrázek 10. Hodnoty kostní denzity jednotlivých segmentů těla seřazené od nejnižších po nejvyšší
Poznámka: LHK – levá horní končetina, PHK – pravá horní končetina, PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina.

Porovnáním průměrné hodnoty BMD celého skeletu výzkumného souboru s hodnotami mladých zdravých žen stejného etnika jsme získali hodnotu T-skóre (-0,14±1,12) uvedenou v tabulce 3, která vypovídá o mírně snížené hustotě kostní tkáně. Dále jsme sledovali vyšší hustotu kostní tkáně ve srovnání se stejně starými ženami stejné národnosti (Z-skóre = 0,73±1,01).

Tabulka 4. Výsledné hodnoty obsahu kostních minerálů a kostní denzity lumbální páteře u postmenopauzálních žen

		\bar{x}	s	min	max
L ₁	BMC (g)	11,01	2,25	6,51	17,65
	BMD (g/cm ²)	0,96	0,15	0,71	1,40
L ₂	BMC (g)	12,94	2,96	7,56	19,51
	BMD (g/cm ²)	1,03	0,16	0,75	1,49
L ₃	BMC (g)	15,31	3,10	9,72	23,09
	BMD (g/cm ²)	1,12	0,16	0,79	1,60
L ₄	BMC (g)	17,73	4,51	10,26	32,22
	BMD (g/cm ²)	1,14	0,20	0,83	1,63
L ₁ -L ₂	BMC (g)	23,95	4,84	14,99	34,40
	BMD (g/cm ²)	1,00	0,15	0,76	1,44
L ₃ -L ₄	BMC (g)	33,04	7,11	20,43	48,60
	BMD (g/cm ²)	1,14	0,18	0,85	1,62
L ₁ -L ₄	BMC (g)	56,99	11,54	35,42	80,59
	BMD (g/cm ²)	1,07	0,16	0,81	1,49

Bederní páteř byla měřena v úseku L₁-L₄. Sledovány byly hodnoty obsahu kostních minerálů a kostní denzity jednotlivých obratlů bederní páteře (L₁, L₂, L₃ a L₄) a úseků L₁-L₂ a L₃-L₄, L₁-L₄. Současně s rostoucí výškou těl obratlů L₁-L₄ ve směru kranio-kaudálním můžeme pozorovat vzestup průměrných hodnot BMC i BMD. Nejnižší obsah kostních minerálů (11,01±2,50 g) a denzitu kostní tkáně (0,96±0,15 g/cm²) vykazoval obratel L₁. Naopak nejstabilnějším byl čtvrtý bederní obratel s obsahem kostních minerálů 17,73±4,51 g a hustotou 1,14±0,20 g/cm². Z toho vyplývají rozdíly v úsecích L₁-L₂ a L₃-L₄. Horní polovina bederní páteře obsahovala menším množstvím kostních minerálů, stejně tak menší hustotou, na rozdíl od úseku L₃-L₄, kde bylo BMC vyšší o 10 g/cm² a BMD o 0,14 g/cm² (viz obrázek 11).



Obrázek 11. Hodnoty kostní denzity jednotlivých obratlů a úseků lumbální páteře u postmenopauzálních žen

Tabulka 5. Výsledné hodnoty T-skóre a Z-skóre lumbální páteře u postmenopauzálních žen

		\bar{x}	s	min	max
L ₁	T-skóre	-1,39	1,27	-3,50	2,20
	Z-skóre	-0,19	1,25	-2,50	3,30
L ₂	T-skóre	-1,38	1,34	-3,80	2,40
	Z-skóre	-0,18	1,33	-2,90	3,50
L ₃	T-skóre	-0,63	1,37	-3,50	3,30
	Z-skóre	0,57	1,38	-1,70	4,80
L ₄	T-skóre	-0,47	1,70	-3,10	3,60
	Z-skóre	0,73	1,66	-1,70	5,10
L ₁ -L ₂	T-skóre	-1,37	1,26	-3,40	2,30
	Z-skóre	-0,17	1,24	-2,50	3,40
L ₃ -L ₄	T-skóre	-0,54	1,50	-2,90	3,50
	Z-skóre	0,66	1,47	-1,50	4,90
L ₁ -L ₄	T-skóre	-0,88	1,33	-3,10	2,60
	Z-skóre	0,32	1,31	-1,70	3,70

Po porovnání hodnot jednotlivých obratlů a úseků bederní páteře s mladými zdravými ženami stejného etnika jsme získali hodnoty T-skóre, které mají vzestupnou tendenci (tabulka 5). Markantní rozdíl lze vidět především mezi obratlí L₂ a L₃. Tomu odpovídají hodnoty úseků L₁-L₂ (-1,37±1,26) a L₃-L₄ (-0,54±1,50) a celková hodnota BMD bederní páteře. Z toho vyplývá, že průměrné hodnoty T-skóre lumbálních obratlů

L₁ a L₂ se u probandek nachází v mezích osteopenie, kdežto kostní denzita obratlů L₃ a L₄ se pohybuje v mezích normálního BMD. Porovnáme-li výsledné hodnoty s hodnotami žen stejného věku a etnika, získáme Z-skóre jednotlivých obratlů, které má taktéž vzestupnou tendenci. Tomu odpovídají průměrné hodnoty úseků L₁–L₂ a L₃–L₄ a celková průměrná hodnota lumbální páteře. Průměrné hodnoty kostní denzity probandek se nacházejí, v porovnání se stejně starými ženami, v mezích normální kostní denzity.

Tabulka 6. Výsledné hodnoty obsahu kostních minerálů a kostní denzity jednotlivých částí femuru u postmenopauzálních žen

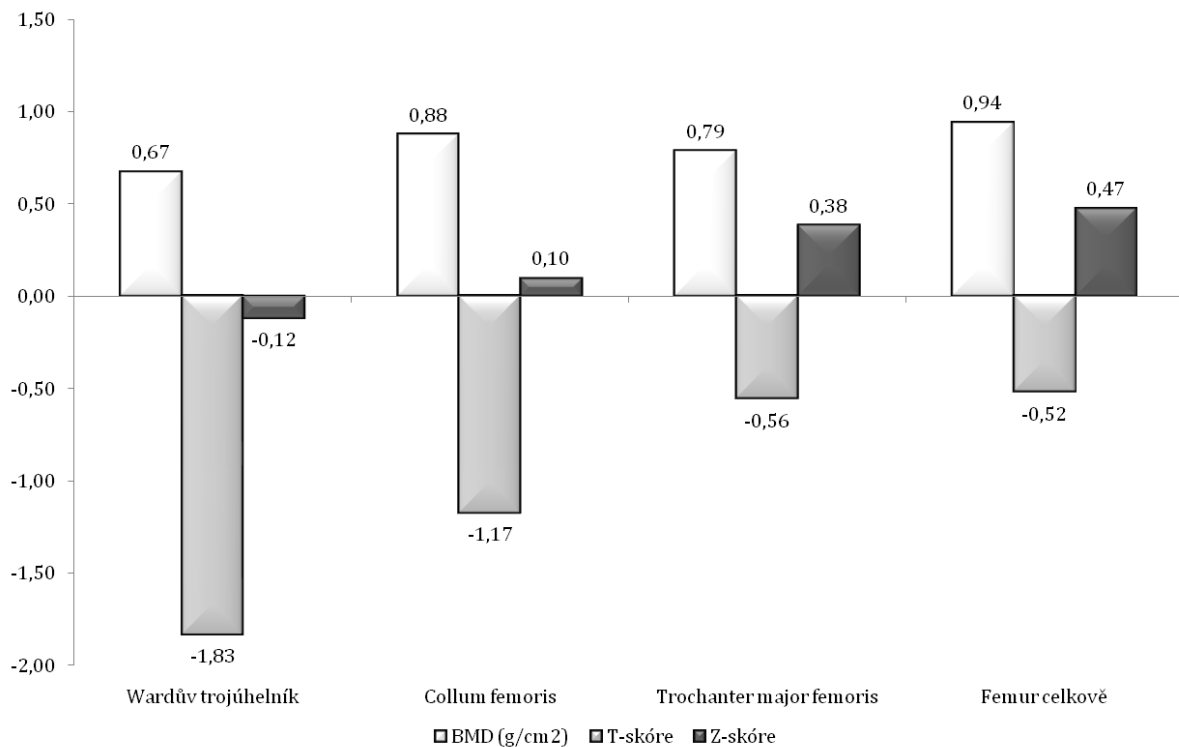
		\bar{x}	s	min	max
collum femoris	BMC (g)	4,28	0,59	3,10	5,75
	BMD (g/cm ²)	0,88	0,10	0,66	1,06
Wardův trojúhelník	BMC (g)	1,80	0,42	1,07	3,47
	BMD (g/cm ²)	0,67	0,11	0,49	0,94
trochanter major femoris	BMC (g)	10,97	2,35	5,97	15,79
	BMD (g/cm ²)	0,79	0,11	0,58	1,01
tělo femuru	BMC (g)	15,80	1,91	11,57	19,63
	BMD (g/cm ²)	1,12	0,14	0,80	1,37
femur celkově	BMC (g)	31,05	4,48	20,80	40,63
	BMD (g/cm ²)	0,94	0,11	0,70	1,17

Nejvyšší množství kostních minerálů (15,80±1,91 g) a denzitu (1,12±0,14 g/cm²) má tělo femuru, u které převládá kompaktní kost nad spongiózní. Informace prezentované v tabulce 6 a obrázku 12 dále napovídají, že nejméně stabilními z hlediska hustoty kostní tkáně je Wardův trojúhelník (0,67±0,11 g/cm²) společně s trochanter major femoris (0,79±0,11 g/cm²). Avšak obsah kostních minerálů v trochanter major femoris je o 9,17 g vyšší než ve Wardově trojúhelníku.

Tabulka 7. Výsledné hodnoty T-skóre a Z-skóre jednotlivých částí femuru u postmenopauzálních žen

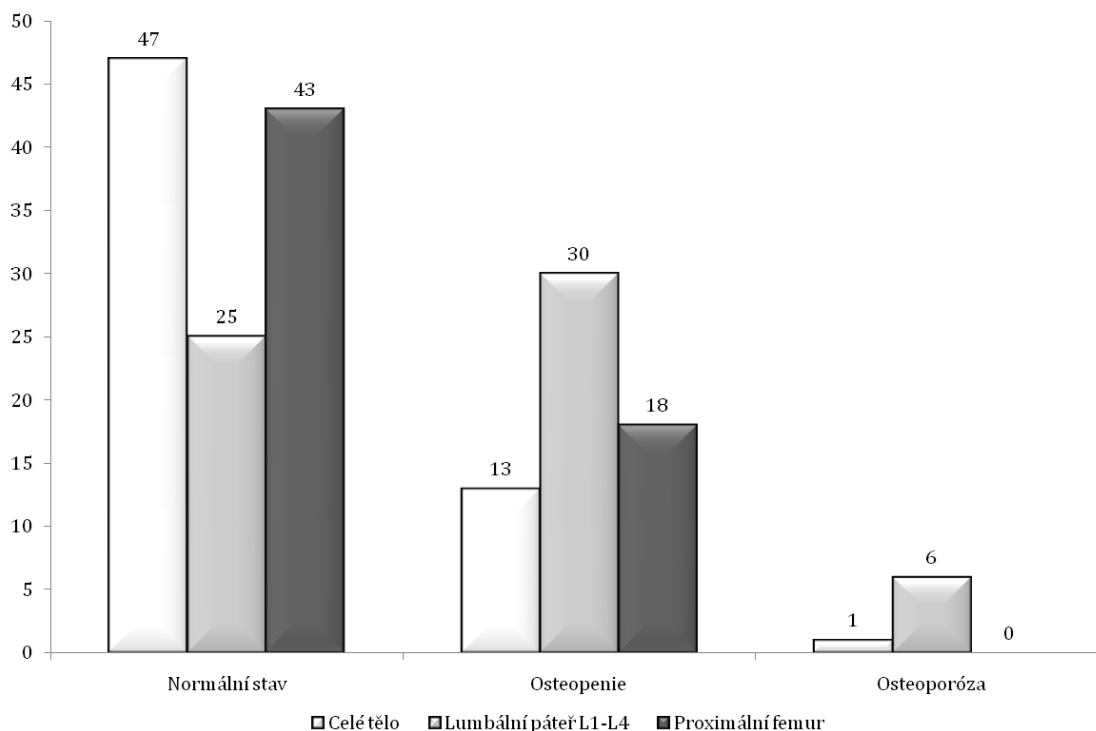
		\bar{x}	s	min	max
collum femoris	T-skóre	-1,17	0,73	-2,70	0,20
	Z-skóre	0,10	0,64	-1,30	1,40
Wardův trojúhelník	T-skóre	-1,83	0,81	-3,20	0,20
	Z-skóre	-0,12	0,78	-1,50	1,80
trochanter major femoris	T-skóre	-0,56	0,92	-2,30	1,50
	Z-skóre	0,38	0,84	-1,40	2,20
femur celkově	T-skóre	-0,52	0,86	-2,40	1,30
	Z-skóre	0,47	0,78	-1,00	2,00

T-skóre proximálního femuru se přibližuje ke spodní hranici zdravé kostní denzity, avšak bližším pozorováním zjistíme, že Wardův trojúhelník a collum femoris se již nacházejí v pásmu osteopenie (viz tabulka 7 a obrázek 12). Srovnáme-li výsledné hodnoty Z-skóre probandek s vrstevnicemi nacházejí se naše ženy v mezích normální zdravé kostní denzity.



Obrázek 12. Výsledné hodnoty kostní denzity, včetně T-skóre a Z-skóre jednotlivých částí proximálního femuru u postmenopauzálních žen

Průměrné hodnoty T-skóre celého těla (-0,14), lumbální páteře (-0,88) a proximálního femuru (-0,52) se nacházejí v mezinárodně doporučeném pásmu. V rámci podrobné analýzy výskytu osteoporózy a osteopenie u sledovaných žen uvádíme níže obrázek 13. Z hlediska celotělového T-skóre se 47 žen nachází v normě, 13 trpí osteopenií a 1 osteoporózou. Podobné výsledky nacházíme i v případě proximálního femuru, avšak hodnoty T-skóre lumbální páteře signalizují vyšší zastoupení osteopenie i osteoporózy. Z tohoto pohledu se jedná o nejvíce postižený segment těla, než kterýkoliv jiný.



Obrázek 13. Posouzení kvality kostní tkáně jednotlivých segmentů těla pomocí T-skóre

5. 2 Pohybová aktivita

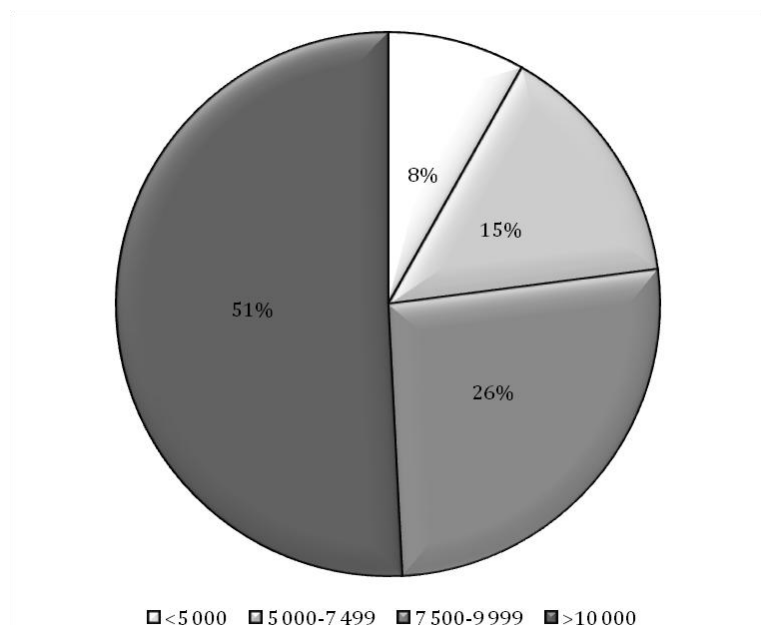
Probandky, v rámci pohybové aktivity, plnily doporučení týkající se jejího objemu i intenzity. Průměrný počet kroků probandek během jednoho dne činil $10\,201 \pm 37$ kroků. Objem pohybové aktivity sledovaného souboru se pohyboval nad doporučovanou hranicí pouze ve všední dny, naopak o víkendu průměrný počet kroků probandek poklesl o 2 353 kroků (viz tabulka 8). V tabulce 8 dále uvádíme průměrné hodnoty intenzity pohybové aktivity v minutách za týden. Nejdéle se probandky pohybovaly v pásmu lehce zatěžující pohybové aktivity (543 ± 265 min/týden). Středně zatěžující pohybovou aktivitu vykonávaly o 305 min/týden méně než lehce zatěžující. V pásmu nad 6 METs setrvaly o 534 min/týden méně než v pásmu lehce zatěžující pohybové aktivity (tj. pod 3 METs).

Tabulka 8. Pohybová aktivita sledovaného souboru z hlediska jejího objemu a intenzity

	\bar{x}	s	min	max
průměrný počet kroků za den	10 201	37	3 537	19 960
pondělí–pátek	10 874	4 074	2 971	19 278
sobota–neděle	8 521	3 905	2 178	23 356
PA >6 METs (min/týden)	9	28	0	195
PA 3–6 METs (min/týden)	238	149	1	590
PA <3 METs (min/týden)	543	265	105	1143

Poznámka: PA – pohybová aktivita

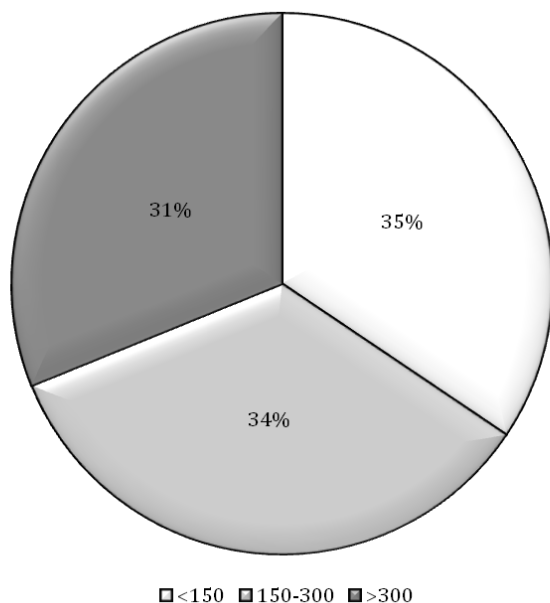
Pro procentuální znázornění počtu probandek plnící/neplnící doporučení týkající se objemu pohybové aktivity jsme použili kategorizaci podle počtu vykonaných kroků za den podle Tudor Locke a Bassett (2004). Sedavým životním stylem (> 5 000 kroků/den) se vyznačovalo pouze 8 % probandek, naopak více jak 10 000 kroků/den plnilo 51 % sledovaných žen. Zbýlých 41 % probandek realizovalo v sedmi sledovaných dnech 5 000 až 9 999 kroků/den, což odpovídá kategoriím mírně (15 %) a středně (26 %) aktivních jedinců.



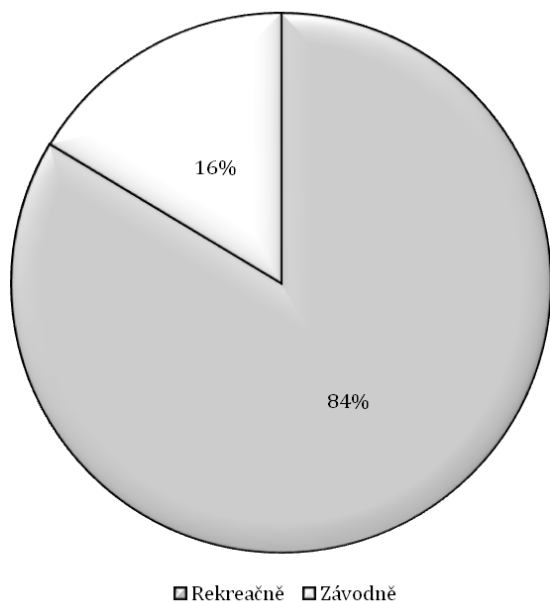
Obrázek 14. Procentuální zastoupení probandek v kategoriích vztahujících se k objemu pohybové aktivity podle Tudor-Locke a Bassett (2004)

Obrázek 15 znázorňuje procentuální zastoupení probandek podle doby strávené pohybovou aktivitou středního zatížení (3–6 METs). Počet probandek byl jednotlivých kategoriích velmi vyrovnaný. 31 % sledovaných žen vykonávalo středně zatěžující pohybovou aktivitu déle jak 300 min/týden (velmi aktivní), o 3 % více probandek se

pohybovalo v doporučeném rozmezí 150–300 min/týden a o 4 % více žen vykonávalo středně zatěžující pohybovou aktivitu méně než 150 min/týden (nedostatečně aktivní).



Obrázek 15. Procentuální zastoupení probandek v kategoriích (dle doporučení U. S. Department of Health and Human, 2008) podle doby strávené pohybovou aktivitou středního zatížení



Obrázek 16. Procentuální znázornění probandek podle úrovně vykonávané pohybové aktivity během dospívání

Pro splnění dílčích cílů této práce jsme, kromě sledování současné pohybové aktivity probandek s použitím Actigraphu GT1M, pozorovali úroveň pohybové aktivity

během dospívání. Jak je uvedeno na obrázku 16, pouze 16 % sledovaných žen během dospívání realizovalo pohybovou aktivitu závodního charakteru.

Tabulka 9 znázorňuje hodnoty kostní denzity probandek, které byly rozděleny do dvou kategorií podle toho, zda plnily či neplnily doporučení 10 000 kroků za den. Jsou zde viditelné stejné trendy v BMD jako při hodnocení kostní denzity celé skupiny. V případě některých proměnných celého těla (trup, pánev) a femuru (trochanter major femoris, tělo femuru, femuru celkově) dokonce nebyly mezi skupinami sledovány žádné rozdíly v BMD. Rozdíly v kostní denzitě mezi skupinami plnícími a neplnícími doporučení nevykazovaly žádnou statistickou významnost, lišily se pouze v rozsahu 0,01–0,03 g/cm², ze kterého se vymykala lebka, jejíž hodnoty se lišily o 0,06 g/cm².

Tabulka 9. Hodnoty kostní denzity probandek rozdělené do dvou kategorií podle průměrného počtu kroků za den

	< 10 000 kroků/den n = 30		> 10 000 kroků/den n = 31		t
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
lebka	2,05	0,28	1,99	0,32	0,87
levá horní končetina	0,90	0,10	0,91	0,10	-0,51
pravá horní končetina	0,92	0,11	0,93	0,11	-0,32
trup	0,88	0,07	0,88	0,08	0,08
žebra	0,63	0,05	0,62	0,05	0,49
pánev	1,07	0,09	1,07	0,10	-0,22
páteř	0,99	0,11	0,98	0,12	0,21
levá dolní končetina	1,17	0,10	1,20	0,10	-1,14
pravá dolní končetina	1,17	0,09	1,19	0,11	-0,95
celé tělo	1,11	0,09	1,12	0,09	-0,24
L ₁	0,98	0,15	0,95	0,15	0,60
L ₂	1,04	0,17	1,03	0,16	0,28
L ₃	1,14	0,17	1,11	0,16	0,50
L ₄	1,16	0,21	1,13	0,20	0,52
L ₁ -L ₂	1,01	0,16	0,99	0,15	0,42
L ₃ -L ₄	1,15	0,19	1,12	0,17	0,53
L ₁ -L ₄	1,09	0,17	1,06	0,15	0,51
collum femoris	0,87	0,10	0,88	0,10	-0,21
Wardův trojúhelník	0,67	0,11	0,68	0,10	-0,40
trochanter major femoris	0,79	0,11	0,79	0,11	0,08
tělo femuru	1,12	0,15	1,12	0,12	0,02
femur celkově	0,94	0,12	0,94	0,10	-0,04

Tabulka 10 znázorňuje hodnoty kostní denzity žen, které byly rozděleny do dvou kategorií podle toho, zda v dospívání prováděly pohybovou aktivitu rekreačního nebo

závodního charakteru. Ženy řazené do kategorie rekreačně mají o 0,07 g/cm² ($p = 0,03$) signifikantně nižší BMD v levé dolní končetině, v druhém bederním obratli o 0,13 g/cm² ($p = 0,028$) a v úseku bederní páteře L₁-L₂ o 0,11 g/cm² ($p = 0,05$) než ženy, které se v dospívání věnovaly závodně nějaké sportovní disciplíně. Rozdíly v BMD, které nevykazovaly statistickou významnost, se mezi kategoriemi rekreačně/závodně pohybovaly v rozmezí 0,02–0,13 g/cm².

Tabulka 10. Hodnoty kostní denzity probandek rozdělené do dvou kategorií podle úrovně prováděné pohybové aktivity v dospívání

	Rekreačně n = 51		Závodně n = 10		t
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
lebka	2,03	0,31	1,99	0,24	0,37
levá horní končetina	0,89	0,10	0,94	0,12	-1,45
pravá horní končetina	0,92	0,10	0,97	0,11	-1,45
trup	0,87	0,08	0,91	0,06	-1,27
žebra	0,62	0,05	0,64	0,04	-1,44
pánev	1,06	0,98	1,10	0,07	-1,18
páteř	0,98	0,12	1,03	0,11	-1,33
levá dolní končetina	1,18	0,10	1,25	0,08	-2,19*
pravá dolní končetina	1,17	0,10	1,24	0,09	-1,92
celé tělo	1,11	0,09	1,14	0,09	-0,99
L ₁	0,95	0,15	1,04	0,16	-1,78
L ₂	1,01	0,15	1,14	0,19	-2,25*
L ₃	1,11	0,15	1,22	0,21	-1,98
L ₄	1,13	0,20	1,22	0,21	-1,35
L ₁ -L ₂	0,98	0,14	1,09	0,17	-2,12*
L ₃ -L ₄	1,12	0,17	1,22	0,20	-1,66
L ₁ -L ₄	1,06	0,15	1,16	0,17	-1,93
collum femoris	0,86	0,10	0,93	0,07	-1,74
Wardův trojúhelník	0,66	0,10	0,73	0,10	-1,79
trochanter major femoris	0,78	0,11	0,83	0,09	-1,40
tělo femuru	1,11	0,14	1,17	0,13	-1,26
femur celkově	0,94	0,11	0,99	0,10	-1,40

Poznámka: * $p < 0,05$

6 Diskuze

Cílem prezentované diplomové práce bylo, na základě denzitometrického vyšetření, posoudit kostní denzitu v jednotlivých částech skeletu a vybrané ukazatele pohybové aktivity, monitorované pomocí akcelerometru, u postmenopauzálních žen ve věku 50–75 let.

Vlivem úbytku kostní hmoty v období po menopauze hrozí větší riziko vzniku fraktur, než kdy jindy. Výrazný úbytek kostní tkáně, který je spojován s osteopenií a osteoporózou, představuje pro jedince ve vyšším věku závažný zdravotní problém (Palička et al., 2011, 3). Trnavský a Kolařík (1997), stejně jako Přidalová a Riegerová (2002) uvádí, že frakturami jsou postiženy především těla obratlů, distální radius, pánevní kost, proximální konce stehenní kosti, žebra a klíční kost.

Náš výzkumný soubor 61 postmenopauzálních žen potvrzuje, že nejnižší zastoupení kostních minerálů bylo nalezeno v žebrech, která současně vykazovala nejnižší kostní denzitu. Avšak za klinicky nejzávažnější z osteoporotických zlomenin se považuje zlomenina proximální části stehenní kosti (Palička et al., 2011). Se stárnutím dochází k exponenciálnímu zvýšení jejího výskytu způsobeného větším rizikem pádů u starých lidí a na věku závislém snižování mechanické odolnosti kosti u obou pohlaví, výrazněji u žen než u mužů (Kalvach et al., 2004, 627).

Stanovením T-skóre proximálního femuru našich probandek jsme zjistili, že se přibližuje ke spodní hranici zdravé kostní denzity, avšak bližším pozorováním jsme rozpoznali, že Wardův trojúhelník a collum femoris se již nacházely v pásmu osteopenie (viz tabulka 7 a obrázek 12). Z toho vyplývá, že je důležité posuzovat segment nejen jako celek, ale i jeho jednotlivé části. Výsledky našeho šetření potvrdily, že nejméně stabilními úseky proximálního femuru byl u měřených probandek, z hlediska hustoty kostní tkáně, Wardův trojúhelník ($0,67 \pm 0,11 \text{ g/cm}^2$) společně s trochanter major femoris ($0,79 \pm 0,11 \text{ g/cm}^2$), přesto že obsah kostních minerálů v trochanter major femoris byl o 9,17 g vyšší než ve Wardově trojúhelníku. Tento rozdíl byl však způsoben odlišnou velikostí uvedených částí femuru. Naše zjištění korespondují s výsledky Coin et al. (2000), Miller et al. (2004) a Liu et al. (2011) prezentovanými v tabulce 9, jejichž studie poukazují na nejnižší kostní denzitu v oblasti trochanter major femoris. Ve srovnání námi sledovaného souboru se souborem mladých žen (Miller et al., 2004) byla našim probandkám naměřena kostní denzita o $0,07 \text{ g/cm}^2$ vyšší. Ovšem srovnáme-li

hodnoty těchto dvou skupin žen z hlediska BMD Wardova trojúhelníku zjistíme, že mladé ženy se vyznačují o 0,13 g/cm² vyšší kostní densitou v tomto úseku proximálního femuru. Coin et al. (2000) měřil italské ženy, které jsou ze všech sledovaných studií nejstarší (průměrný věk 80 let), čemuž odpovídají i hodnoty kostní density jednotlivých úseků proximálního femuru, které byly nejnižší ze všech uvedených studií. Naše probandky (průměrný věk 63,26 let) vykazují oproti italským ženám o 0,25 g/cm² vyšší kostní densitu v collum femoris a o 0,24 g/cm² vyšší BMD v trochanter major femoris. Podobně jako ženy ze studie Coin et al. (2000) i ženy (průměrný věk 65 let) ze studie Liu et al. (2011), které trpěly osteoporózou, mají shodné výsledné hodnoty BMD, přestože jsou o 15 let mladší. Z výše uvedeného vyplývá, že naše probandky, v porovnání s ostatními studii vyjma mladých žen, vykazují nejlepší stav BMD všech uvedených částí proximálního femuru.

Z hlediska celotělového T-skóre se 47 žen nacházelo v normě, 13 trpělo osteopenií a 1 osteoporózou. Tento výskyt je ve srovnání s celorepublikovými hodnotami velmi nízký, neboť tímto metabolickým onemocněním trpí v ČR až 33 % žen starších 50 let (Štěpán et al., 2002). Z tohoto pohledu se jedná o ženy s relativně dobrým stavem kostní tkáně. Ke zdraví kostní tkáně těchto žen přispívá také vyšší tělesná hmotnost, která má na kostní densitu protektivní efekt. Reid (2002) uvádí, že s rostoucí tělesnou hmotností dochází k nárůstu kostní density. U jedinců s průměrným věkem 73 let dosahovala hodnota korelačního koeficientu mezi těmito proměnnými 0,45 jednotek ($p < 0,05$).

Podobné výsledky, jako výsledky celotělového T-skóre, nacházíme i v případě proximálního femuru, avšak hodnoty T-skóre lumbální páteře signalizují vyšší zastoupení osteopenie i osteoporózy. Z tohoto pohledu se jedná o nejvíce postižený segment těla, než kterýkoliv jiný. Kalvach et al. (2004) a Bartl a Frish (2009) považují Th₇, Th₈, Th₁₂ a L₁ za nejčastější místa zlomenin těl obratlových. Náš výzkum potvrdil, že tělo prvního lumbálního obratle má ze všech sledovaných bederních obratlů nejnižší obsah kostních minerálů (11,01±2,50 g) i densitu kostní tkáně (0,96±0,15 g/cm²). Současně s rostoucí výškou těl obratlů L₁-L₄ ve směru kranio-kaudálním můžeme pozorovat vzestup průměrných hodnot BMC i BMD. Ve srovnání s oběma skupinami čínských žen ze studie Liu et al. (2011) (viz tabulka 11), mají naše probandky vyšší BMD všech sledovaných lumbálních obratlů. První lumbální obratel sledovaného souboru čínských žen taktéž vykazuje nejnižší kostní hustotu.

Tabulka 11. Srovnání průměrných hodnot BMD proximálního femuru sledovaného souboru s výsledky obdobných studií

	Kratochvilová (2012) n = 61		Coin et al. (2000) ¹ n = 30		Miller et al. (2004) ² n = 76		Genaro et al. (2010) ³ n = 65		Liu et al. (2011) ⁴ n = 298		Liu et al. (2011) ⁵ n = 244	
	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>	\bar{x}	<i>s</i>
collum femoris	0,88	0,10	0,63	0,10	0,85	0,11	0,74	0,09	0,64	0,08	0,78	0,08
Wardův trojúhelník	0,67	0,11	-	-	0,80	0,13	-	-	-	-	-	-
trochanter major femoris	0,79	0,11	0,55	0,10	0,72	0,10	-	-	0,56	0,10	0,70	0,08
tělo femuru	1,12	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
femur celkově	0,94	0,11	0,72	0,11	-	-	0,76	0,13	0,72	0,09	0,88	0,09

Poznámka: ¹ Italské ženy s průměrným věkem 80 let; ² mladé ženy v průměrném věku 20 let; ³ Brazílské osteoporotické ženy v průměrném věku 70 let; ⁴ Čínské osteoporotické ženy v průměrném věku 68 let; ⁵ Čínské ženy bez osteoporózy v průměrném věku 65 let.

Tabulka 12. Srovnání průměrných hodnot BMD lumbálních obratlů sledovaného souboru s výsledky obdobných studií

	Kratochvilová (2012) n = 61		Liu (2011) ¹ n = 298		Liu (2011) ² n = 244	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
L ₁	0,96	0,15	0,75	0,10	0,89	0,10
L ₂	1,03	0,16	0,79	0,12	0,95	0,11
L ₃	1,12	0,16	0,87	0,13	1,05	0,11
L ₄	1,14	0,20	0,88	0,14	1,07	0,13
L ₁ -L ₄	1,07	0,16	0,83	0,11	1,00	0,10

Poznámka: ¹ Čínské osteoporotické ženy v průměrném věku 68 let; ² Čínské ženy bez osteoporózy v průměrném věku 65 let.

Co se týče pohybové aktivity, byly naše ženy rozděleny do dvou kategorií podle toho, zda v dospívání prováděly pohybovou aktivitu rekreačního nebo závodního charakteru. Ženy řazené do kategorie rekreačně měly o 0,07 g/cm² ($p = 0,03$) signifikantně nižší BMD v levé dolní končetině, v druhém bederním obratli o 0,13 g/cm² ($p = 0,028$) a v úseku bederní páteře L₁-L₂ o 0,11 g/cm² ($p = 0,05$) než ženy, které se v dospívání věnovaly závodně nějaké sportovní disciplíně. Je prokázán vliv pohybové aktivity na vývoj kostry v dospívání, kdy může dojít až k 30% nárůstu hustoty kostní tkáně, zatímco při cíleném cvičení v dospělosti u žen před a po menopauze vzrůstá jen o 4 %. K tomu, aby se snížilo riziko fraktury stehenního krčku o polovinu, je nutné zvýšit hustotu nejméně o 10 % (Máček & Radvanský, 2011, 137). Hodnoty BMD vrcholící ke konci druhé životní dekády, potvrzují hypotézu, že množství pohybové aktivity v dětství a adolescenci je rozhodující pro kvalitu a funkci kostní tkáně v dospělosti, může tak působit jako prevence osteoporózy (Máček & Máčková, 2011). Také Kohrt et al. (2004, 1992) potvrzuje, že pohybové aktivity jako plyometrické cvičení, gymnastika nebo vysokointenzivní rezistentní trénink zvyšují nárůst kostních minerálů během dětství a adolescence. Je tedy důležité, zvláště pro ženy, pěstovat pohybovou aktivitu a odporová cvičení již od mládí jako prevenci osteoporózy a zvýšit tak kvalitu svého života po menopauze. Tomuto tvrzení odpovídají také výsledky našeho výzkumu, ve kterém bylo zjištěno, že na kvalitu kostní tkáně po menopauze měla větší vliv pohybová aktivita prováděná v dospívání skeletu nežli současná vyjádřená v krocích za den.

6. 1 Limity a přínosy studie

Za jeden z limitů studie považujeme nízký počet probandek a taktéž skutečnost, že v souboru figurovala pouze jedna žena s osteoporózou, což mohlo zapříčinit zkreslení výsledků. V rámci výzkumu jsme nesledovali hodnoty ostatních páteřních obratlů, což považujeme za chybu, jelikož náchylnými ke zlomeninám jsou i obratle hrudní páteře, převážně Th₁₂, u něhož je o malé procento vyšší prevalence zlomeniny, nežli u prvního lumbálního obratle (viz obrázek 1). Bohužel použitý přístroj neumožnil sledovat stav v oblasti hrudní páteře. Za další limit studie považujeme nedostatečně specifikovanou anketu zaměřenou na pohybovou aktivitu, která byla koncipována velmi jednoduše, což mohlo probandky vést k velmi subjektivním názorům, především co se týče úrovně pohybové aktivity v mládí. Taktéž může být limitujícím faktorem paměť probandek, jelikož se některé z otázek ptají na skutečnosti, které se odehrály několik desítek let nazpět.

Za přínos studie lze označit zvýšení povědomí o osteoporóze jako onemocnění s nepříjemnými následky, které lze předcházet či eliminovat dostatečnou pohybovou aktivitou převážně v mládí. Z praktického hlediska jsme na základě měření v rámci studie poodhalili stav kostní tkáně probandek, které na základě tohoto zjištění mohou danou situaci řešit a tudíž zlepšit či alespoň pozastavit progresi onemocnění.

7 Závěr

Osteoporóza je jedním ze závažných onemocnění, postihující moderní společnost, která trpí převážně nedostatkem pohybu a s tím spojeným nezdravým životním stylem. Jedná se o nemoc, která se vyznačuje tichým průběhem s velmi nepříjemnými následky v podobě fraktur, které v konečném důsledku mohou zapříčinit i smrt postiženého.

Diplomová práce se orientovala právě na problematiku tohoto onemocnění, přesněji na kostní denzitu v jednotlivých částech skeletu a vybrané ukazatele pohybové aktivity u postmenopauzálních žen. Výzkum prokázal sníženou kostní denzitu v určitých úsecích proximálního femuru (Wardův trojúhelník, collum femoris, trochanter major femoris) a v obratlích lumbální páteře (převážně v L₁). V našem výzkumu figurovala pouze jedna žena s osteoporózou, 13 žen trpělo osteopenií a 47 žen se nacházelo v normě. Uvedená statistika svědčí o minimálním výskytu osteoporotiček v našem souboru.

Z hlediska pohybové aktivity se prokázala skutečnost, že cílená cvičení v pokročilejším věku nemají takovou účinnost z hlediska zvýšení kostní denzity jako pohybová aktivita prováděná v dospívání. Je tedy vhodné zvýšit osvětu týkající se dané problematiky hlavně mezi mladými lidmi, kteří na základě těchto znalostí mohou zlepšit kvalitu svého budoucího života.

8 Souhrn

Sedavý životní styl, alkohol, stres, genetické predispozice aj. jsou v dnešní době silnými negativními faktory ovlivňujícími zdraví člověka po všech jeho stránkách. Z hlediska kostní tkáně se, se zvyšujícím věkem, zvyšuje riziko vzniku osteoporózy, která je považována za hrozbu současné společnosti. Osteoporóza je onemocněním provázeným vznikem fraktur v pokročilém věku a snížení kvality života seniorů.

Hlavním cílem diplomové práce bylo, na základě denzitometrického vyšetření, posoudit kostní denzitu v jednotlivých částech skeletu a vybrané ukazatele pohybové aktivity, monitorované pomocí akcelerometru, u postmenopauzálních žen. Výzkumu se zúčastnilo 61 žen, studentek Univerzity třetího věku Fakulty tělesné kultury a Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci ve věkovém rozmezí 50–75 let, které podstoupily komplexní denzitometrické vyšetření. Pomocí přístroje DXA Lunar Prodigy Primo™ byla měřena kostní denzita v celém skeletu, oblasti lumbální páteře (L₁–L₄) a proximální části femuru. Naměřená kostní denzita (BMD, g/cm²) a množství minerálů v kosti (BMC, g) byly srovnány s průměrnou hodnotou mladých zdravých jedinců stejného pohlaví a národnosti a s jedinci stejné věkové kategorie, pohlaví a národnosti (T-skóre a Z-skóre).

Z hlediska celotělového T-skóre se 47 žen nacházelo v normě, 13 trpělo osteopenií a 1 osteoporózou. Nejnižší množství kostních minerálů jsme vyzorovali na žebrech, která současně vykazovala nejnižší kostní denzitu (0,62±0,05 g/cm²). Průměrné hodnoty T-skóre páteře signalizovaly vyšší zastoupení osteopenie i osteoporózy. Nejnižší obsah kostních minerálů (11,01±2,50 g) a denzitu kostní tkáně (0,96±0,15 g/cm²) vykazoval obratel L₁. T-skóre proximálního femuru se přibližovalo ke spodní hranici zdravé kostní denzity, avšak bližším pozorováním jsme zjistili, že Wardův trojúhelník a collum femoris se taktéž nacházely v pásmu osteopenie. Nejméně stabilními z hlediska hustoty kostní tkáně byl Wardův trojúhelník (0,67±0,11 g/cm²) společně s trochanter major femoris (0,79±0,11 g/cm²). Na závěr můžeme konstatovat, že lumbální páteř byla u těchto žen nejvíce postiženým segmentem těla, než kterýkoliv jiný.

V rámci výzkumu byla monitorována pohybová aktivita, z hlediska její intenzity a množství vykonaných kroků, všech 61 probandek. Pro zjištění vybraných ukazatelů

pohybové aktivity byl použit akcelerometr ActiGraph GT1M. Dále jsme, pomocí krátké ankety, zjišťovali úroveň pohybové aktivity žen v období dospívání skeletu.

Probandky, byly rozděleny do dvou kategorií podle toho, zda plnily či neplnily doporučení 10 000 kroků za den a cílem bylo zjistit rozdíl v kostní denzitě těchto dvou skupin. Rozdíly v kostní denzitě mezi skupinami nevykazovaly žádnou statistickou významnost. Naopak z hlediska úrovně pohybové aktivity (rekreačně/závodně) vykonávané v mládí vykazovaly ženy řazené do kategorie závodně o 0,07 g/cm² ($p = 0,03$) signifikantně vyšší BMD v levé dolní končetině, v druhém bederním obratli o 0,13 g/cm² ($p = 0,028$) a v úseku bederní páteře L₁-L₂ o 0,11 g/cm² ($p = 0,05$) než ženy, které se v dospívání věnovaly sportu pouze rekreačně. Z procentuálního hlediska realizovalo v mládí pohybovou aktivitu závodního charakteru pouze 16 % sledovaných žen.

Výsledky našeho výzkumu poukazují na to, že na kvalitu kostní tkáně po menopauze měla větší vliv pohybová aktivita prováděná v dospívání skeletu nežli současná vyjádřená v krocích za den. Tyto poznatky odpovídají tvrzení jak je důležité, zvláště pro ženy, pěstovat pohybovou aktivitu a odporová cvičení již od mládí jako prevenci osteoporózy a zvýšit tak kvalitu svého života po menopauze. Bylo by tedy vhodné zvýšit osvětu týkající se dané problematiky převážně mezi mladými lidmi, kteří na základě těchto znalostí mohou zlepšit kvalitu svého budoucího života.

9 Summary

Sedentary lifestyle, alcohol, stress, genetic predisposition, etc. are now strong negative factors affecting human health in all its pages. In terms of bone tissue, with an increasing age, increasing the risk of osteoporosis, which is considered a threat to contemporary society. Osteoporosis is a disease guided the creation of fractures in the elderly and reduced quality of life of seniors.

The main objective of this thesis was based on densitometric examination to assess bone mineral density in different parts of the skeleton and selected indicators of physical activity, monitored by the accelerometer, in postmenopausal women. The research sample consisted of 61 postmenopausal women of the Third Age University, Faculty of Physical Culture and Science Faculty of Palacký University in Olomouc, aged 50-75 years who underwent Densitometric examination. With the Lunar Prodigy Primo™ bone density was measured in the whole skeleton, lumbar spine (L₁-L₄) and proximal femur area. The measured bone mineral density (BMD, g/cm²) and bone mineral content (BMC, g) were compared with the average healthy young individuals of the same sex and ethnicity and individuals of the same age group, gender and nationality (T-score and Z-score).

In terms of whole-body T-score, 47 remained in the normal women, 13 suffered from osteopenia and osteoporosis one. The lowest amount of bone mineral is observed to have ribs, which also showed the lowest bone mineral density (0.62 ± 0.05 g/cm²). Average values of the spine T-score indicated a higher proportion of osteopenia and osteoporosis. Low bone mineral content (11.01 ± 2.50 g) and bone mineral density (0.96 ± 0.15 g/cm²) showed L₁ vertebra. T-score of the proximal femur is approaching the lower limit of healthy bone density, but closer observation, we found that Ward's triangle and collum femoris is also found in the osteopenia range. The least stable in terms of bone density was Ward's triangle (0.67 ± 0.11 g/cm²), together with the trochanter major femoris (0.79 ± 0.11 g/cm²). In conclusion, we can say that the lumbar spine in these women were most affected segment of the body than any other.

The research was monitored by physical activity, in terms of its intensity and number of steps performed all 61 participants. To determine the selected indicators of physical activity was used ActiGraph GT1M accelerometer. We also, through a short

questionnaire, evaluate the level of physical activity in women's skeleton during adolescence.

Women were divided into two categories according to whether they perform or fail to meet recommendations of 10 000 steps per day and the aim was to determine the difference in bone density of these two groups. Differences in bone density between groups showed no statistical significance. On the contrary, in terms of level of physical activity (recreational/racing) performed in young women showed competitively ranked in the category by 0.07 g/cm² ($p = 0.03$) were significantly higher BMD in the left lower extremity, in the second lumbar vertebra by 0.13 g/cm² ($p = 0.028$) and lumbar spinal segment L₁-L₂ of 0.11 g/cm² ($p = 0.05$) than women who give in adolescence sports only recreationally. In percentage terms implemented in youth physical activity character race only 16% of women in the study.

The results of our research suggest that the quality of bone tissue after menopause had a greater influence of physical activity performed in skeletal maturation than the current expressed in steps per day. These findings correspond to the assertion of the importance, particularly for women, foster physical activity and resistive exercise from a young age to prevent osteoporosis and increase their quality of life after menopause. It would therefore be appropriate to raise awareness on the issue mainly among young people on the basis of this knowledge can improve the quality of their future life.

10 Referenční seznam

- Bartl, R., & Frish, B. (2009). *Osteoporosis – Diagnosis, Prevention, Therapy* (2nd ed.). Berlin: Springer – Verlag.
- Blahoš, J. (2011). Stárnutí kosti a význam osteocytů. *Osteologický bulletin 2011*, 16(2): 52–54.
- Broulík, P. (2007). *Osteoporóza a její léčba*. Praha: Maxdorf.
- Coin, A., Sergi, G., Benincà, L., Lupoli, L., Cinti, G., Ferrara, L., Benedetti, G., Tomasi, G., Pisent, C., & Enzi, G. (2000). Bone mineral density and body composition in underweight and normal elderly subjects. *Osteoporosis International*, 11, 1043–1050.
- Čihák, R., & Grim, M. (2001). *Anatomie 1*. Praha: Grada Publishing.
- Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie*. Praha: Grada Publishing.
- Esliger, D. W., Copeland, J. L., Barnes, J. D., & Tremblay, M. S. (2005). Standardizing and optimizing the use of accelerometer data for free-living physical activity monitoring. *Journal of Physical Activity and Health*, 3, 366–383.
- Frömel, K., Novosad, J., & Svozil, Z. (1999). *Pohybová aktivita a sportovní zájmy mládeže*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Genaro, P., Pereira, G., Pinheiro, M., Szejnfeld, V., & Martini, L. (2010). Influence of body composition on bone mass in postmenopausal osteoporotic women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 51, 295–298.
- Hansen, B., Kolle, E., Dyrstad, S., Holme, I., & Anderssen, S. (2012). Accelerometer – determined physical activity in adults and older people. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(2), 266–272.
- Holmerová, I., Jurašková, B., Vaňková, H., & Veleta, P. (2007). Křehkost vyššího věku a sarkopenie jako její důležitá komponenta. *Česká geriatrická revue*, 5(1), 24–32.
- Hrčková, Y., & Šarapatková, H. (2004). Osteoporóza. *Interní medicína pro praxi*, 6, 37–39.
- Janíček, P., Dufek, P., Chaloupka, R., Krbec, M., Novotný, M., Poul, J., et al. (2007). *Ortopedie*. Brno: Masarykova Univerzita.
- Kalvach, Z., Zadák, Z., Jiráček, R., Zavázalová, H., & Sucharda, P. (2004). *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada.
- Kocián, J. & Patlejchová, E. (1998). *Dieta při odvápnění kostí*. Praha: Triton.
- Kohrt, W., Bloomfield, S., Little, K., Nelson, M., Yingling, V. (2004). Physical activity and bone health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(11), 1985–1996.

- Krátká, J. (2007). Biologické stáří skeletu a jeho úloha v prevenci osteoporózy. *Československá fyziologie*, 56(1), 10–14.
- Křivánková, M. & Hradová, M. (2009). *Somatologie – Učebnice pro střední zdravotnické školy*. Praha: Grada Publishing.
- Liu, S., Li, J., Sheng, Z., Wu, X., & Liao, E. (2011). Relationship between body composition and age, menopause and its effects on bone mineral density at segmental regions in Central Southern Chinese postmenopausal elderly women with and without osteoporosis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 53, e192–197.
- Máček, M. & Máčková, J. (2011). Kostní metabolismus a tělesná zátěž. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 20(3), 156–164.
- Máček, M., Máčková, J., & Smolíková, L. (2010). Počet kroků jako ukazatel tělesné zdatnosti. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 19(2), 115–120.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.
- Maurel, D. B., Boisseau, N., Benhamou, C. L., & Jaffre, C. (2012). Alcohol and bone: review of dose effects and mechanisms. *Osteoporosis international*, 23(1), 1-16.
- Miller, L., Nickols-Richardson, S., Wootten, D., Ramp, W., & Herbert, W. (2004). Relationships among bone mineral density, body composition and Isokinetic strength in young women. *Calcified Tissue International*, 74, 229–235.
- Němcová, J., & Korsá, J. (2008). Komplexní léčba a prevence osteoporózy – postavení a význam pohybové aktivity a léčebné rehabilitace. *Medicína pro praxi*, 5(4), 165–168.
- Palička, V., Blahoš, J., & Býma, S. (2011). *Doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře: Osteoporóza*. Praha: CDP-PL.
- Pelclová, J., Gába, A., Přidalová, M., Engelová, L., Tlučáková, L., & Zajac-Gawlak (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.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2002). *Funkční anatomie I*. Olomouc: Hanex.
- Ried, I. (2002). Relationships among Body Mass, Its Components, and Bone. *Bone*, 31(5), 547–555.
- Riegerová, J., Gába, A., Přidalová, M., Langrová, I. (2009). Hodnocení osteopenie a osteoporózy u žen ve věku senescence pomocí přístroje DEXA a InBody 720. *Slovenská antropologia*, 12(2), 42–48.

- Shepard, R. J. (1997). Aging, physical activity, and health. Human Kinetics.
- Spirduso, W., Francis, K., & MacRae, P. (2005). *Physical dimensions of aging*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Stejskal, P. (2004). *Proč a jak se zdravě hýbat*. Břeclav: Presstempus.
- Štěpán, J. (2005). Osteoporóza a cíle její léčby. *Klinická farmakologie a farmacie*, 19, 229–234.
- Štěpán, J., Havelka, S., & Kamberská, Z. (2002). Epidemiologie der Osteoporose in der Tschechischen Republik. *Journal für Mineralstoffwechsel*, 9(3), 7–13.
- Trnavský, K. & Kolařík, J. (1997). *Onemocnění kloubů a páteře v praxi*. Praha: Galén.
- Tudor-Locke, C. & Bassett, D. (2004). How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sport Medicine*, 34(1), 1–8.
- U. S. Department of Health and Human Services (2008). Physical Activity Guidelines for Americans. Retrieved 17. 8. 2011 from the World Wide Web: <http://www.health.gov/paguidelines/pdf/paguide.pdf>
- World Health Organization. (2003). *Prevention and Management of Osteoporosis: Report of a WHO Scientific Group*. Geneva: World Health Organization.